

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-214783

(43) 公開日 平成10年(1998) 8月11日

(51) Int.Cl.<sup>5</sup>  
H 0 1 L 21/027  
G 0 3 F 7/20  
9/00

識別記号  
5 2 1

F I  
H 0 1 L 21/30  
G 0 3 F 7/20  
9/00  
H 0 1 L 21/30  
5 2 5 E  
5 2 1  
H  
5 1 6 B

審査請求 未請求 請求項の数11 F D (全 27 頁)

(21) 出願番号 特願平9-343740  
(22) 出願日 平成9年(1997)11月28日  
(31) 優先権主張番号 特願平8-332843  
(32) 優先日 平8(1996)11月28日  
(33) 優先権主張国 日本 (J P)

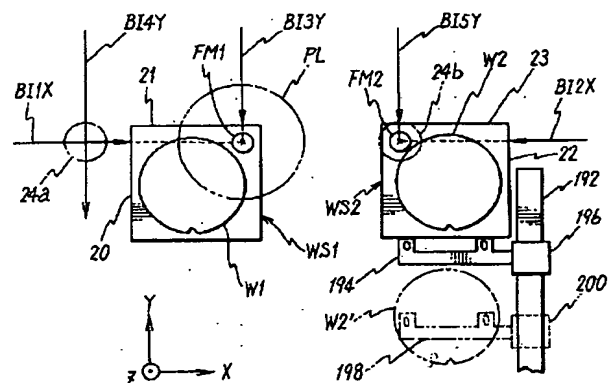
(71) 出願人 000004112  
株式会社ニコン  
東京都千代田区丸の内3丁目2番3号  
(72) 発明者 西 健爾  
東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株  
式会社ニコン内  
(74) 代理人 弁理士 立石 篤司 (外1名)

(54) 【発明の名称】 投影露光装置及び投影露光方法

(57) 【要約】

【課題】 スループットの向上及び基板ステージの小型・軽量化を図る。

【解決手段】 測長軸 B I 1 X、B I 3 Y の計測値を用いてステージ W S 1 の位置を管理しつつ基板 W 1 に対し投影光学系 P L を介しての露光が行なわれる間に、ステージ W S 2 上の基板 W 2 のアライメントマークと基準板 F M 2 との位置関係がアライメント系 2 4 b の検出結果と測長軸 B I 5 Y の計測値を用いて正確に検出されるように、2つのステージの動作を制御する。また、両ステージの動作が終了すると、測長軸 B I 3 Y の計測値を用いてステージ W S 2 の位置計測が可能な状態で測長軸 B I 3 Y の干渉計をリセットするとともに、投影光学系の投影領域内の所定の基準点 (マスクパターン像の投影中心) との位置関係を検出可能な位置に基準板 F M 2 が位置決めされるようにステージ W S 2 の動作を制御する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 マスクに形成されたパターンの像を投影光学系を介して感応基板上に投影露光する投影露光装置であって、

感応基板を保持して2次元平面内を移動可能な第1基板ステージと；感応基板を保持して前記第1基板ステージと同一平面内を前記第1基板ステージとは独立に移動可能な第2基板ステージと；前記投影光学系とは別に設けられ、前記基板ステージ上又は前記基板ステージに保持された感応基板上のマークを検出するためのアライメント系と；前記投影光学系の投影中心と前記アライメント系の検出中心とを通る第1軸方向の一方側から前記第1基板ステージの前記第1軸方向の位置を常に計測する第1測長軸と、前記第1軸方向の他方側から前記第2基板ステージの前記第1軸方向の位置を常に計測する第2測長軸と、前記投影光学系の投影中心で前記第1軸と垂直に交差する第3測長軸と、前記アライメント系の検出中心で前記第1軸と垂直に交差する第4測長軸とを備え、これらの測長軸により前記第1及び第2基板ステージの2次元位置をそれぞれ計測する干渉計システムと；前記第1基板ステージ及び第2基板ステージの内の一方のステージの位置が前記干渉計システムの前記第3測長軸の計測値を用いて管理され、該一方のステージに保持された感応基板が露光される間に、前記第1基板ステージ及び第2基板ステージの内の他方のステージに保持された感応基板上のアライメントマークと前記他方のステージ上の基準点との位置関係が前記アライメント系の検出結果と前記干渉計システムの第4測長軸の計測値とを用いて検出されるように前記2つの基板ステージの動作を制御した後に、前記第3測長軸の計測値を用いて前記他方のステージの位置計測が可能な状態で前記第3測長軸の干渉計をリセットするとともに、前記投影光学系の投影領域内の所定の基準点との位置関係を検出可能な位置に前記他方のステージ上の基準点が位置決めされるように前記他方のステージの動作を制御する制御手段と；を有する投影露光装置。

【請求項2】 前記投影光学系に関して前記アライメント系の反対側に前記第1軸上に検出中心を有する別のアライメント系を有し、

前記干渉計システムは、前記別のアライメント系の検出中心で前記第1軸と垂直に交差する第5測長軸を備え、前記制御手段は、前記一方のステージの位置が前記干渉計システムの前記第3測長軸の計測値を用いて管理され、該一方のステージに保持された感応基板が露光される間に、前記他方のステージに保持された感応基板上のアライメントマークと前記他方のステージ上の基準点との位置関係が前記アライメント系の検出結果と前記干渉計システムの第4測長軸の計測値とを用いて検出されるように前記2つの基板ステージの動作を制御した後に、前記第5測長軸の計測値を用いて前記一方のステージの

位置計測が可能な状態で前記第5測長軸の干渉計をリセットするとともに、前記別のアライメント系の検出領域内に前記一方の基板ステージ上の基準点が位置決めされるように前記一方のステージの動作を制御することとを特徴とする請求項1に記載の投影露光装置。

【請求項3】 前記第1基板ステージ及び前記第2基板ステージとの間で感応基板の受け渡しを行なう搬送システムをさらに有し、

前記制御手段は、前記別のアライメント系の検出領域内に前記一方の基板ステージ上の基準点を位置決めした状態で、前記一方のステージと前記搬送システムとの間で基板の受け渡しを行なうことを特徴とする請求項2に記載の投影露光装置。

【請求項4】 前記第1基板ステージ及び前記第2基板ステージ上には前記ステージの基準点としての基準マークがそれぞれ形成され、

前記投影光学系の投影領域内の所定の基準点は前記マスクのパターン像の投影中心であり、

前記マスクのパターン像の投影中心と前記ステージ上の基準マークとの相対位置関係を前記マスクと前記投影光学系を介して検出するマーク位置検出手段を更に有することを特徴とする請求項1に記載の投影露光装置。

【請求項5】 マスクのパターンの像を投影光学系を介して感応基板上に投影露光する投影露光方法であって、感応基板を保持して各々同一の平面内を独立に移動可能な2つの基板ステージを用意し、

所定の干渉計により前記2つのステージの内の一方の位置計測を行いながら、該一方のステージに保持された感応基板上に前記マスクのパターン像を投影露光し、前記一方のステージに保持された基板の露光中に、前記所定の干渉計とは別の干渉計により前記2つのステージの内の他方のステージの位置計測を行いながら、該他方のステージに保持された基板上の位置合わせマークと前記他方のステージ上の基準点との位置関係を計測し、前記一方のステージに保持された基板の露光終了後に、前記所定の干渉計により前記他方のステージの位置計測が可能な状態で前記所定の干渉計のリセットをするとともに、前記投影光学系の投影領域内の所定の基準点との位置関係を検出可能な位置に前記他方のステージの基準点を位置決めし、

前記計測された位置関係に基づき、前記リセットされた所定の干渉計を用いて前記他方のステージ上に保持された感応基板とマスクのパターン像との位置合わせを行うことを特徴とする投影露光方法。

【請求項6】 マスクに形成されたパターンの像を投影光学系を介して感応基板上に投影露光する投影露光装置であって、

感応基板を保持して2次元平面内を移動可能な第1基板ステージと；感応基板を保持して前記第1基板ステージと同一平面内を前記第1基板ステージとは独立に移動可

能な第2基板ステージと；前記投影光学系とは別に設けられ、前記基板ステージ上の基準マーク及び前記基板ステージに保持された感応基板上のマークを検出するためのアライメント系と；前記投影光学系の投影中心と前記アライメント系の検出中心とを通る第1軸方向の一方側から前記第1基板ステージの前記第1軸方向の位置を計測するための第1測長軸と、前記第1軸方向の他方側から前記第2基板ステージの前記第1軸方向の位置を計測するための第2測長軸と、前記投影光学系の投影中心で前記第1軸と直交する第3測長軸と、前記アライメント系の検出中心で前記第1軸と直交する第4測長軸とを備え、これらの測長軸により前記第1及び第2基板ステージの2次元位置をそれぞれ計測する干涉計システムと；前記第1基板ステージ及び前記第2基板ステージの内の一方のステージの位置を前記干涉計システムの第3測長軸を用いて管理しつつ該一方のステージ上の感応基板を露光している間に、前記他方のステージの位置を前記干涉計システムの第4測長軸を使って管理しつつ前記他方のステージに保持された感応基板上のマークと前記他方のステージ上の基準マークとの位置関係を前記アライメント系を用いて求めるとともに、前記一方のステージに保持された感応基板の露光後に、前記他方のステージの位置を前記第3測長軸を用いて管理しつつ前記投影光学系による前記マスクのパターン像の投影位置と前記他方のステージ上の基準マークとの位置関係を求める制御手段と；を有することを特徴とする投影露光装置。

【請求項7】 前記一方のステージに保持された感応基板の露光後であって前記投影光学系による前記マスクのパターン像の投影位置と前記他方のステージ上の基準マークとの位置関係を求めるときに、前記干涉計システムの第3測長軸の計測値をリセットすることを特徴とする請求項6に記載の投影露光装置。

【請求項8】 前記制御手段は、前記他方のステージに保持された感応基板上のマークとその他方のステージ上の基準マークとの位置関係及び、前記投影光学系による前記マスクのパターン像の投影位置と前記他方のステージ上の基準マークとの位置関係を求めたときの前記第3測長軸の計測結果に基づいて前記他方のステージの位置を制御しながら前記他方のステージに保持された感応基板を露光することを特徴とする請求項6に記載の投影露光装置。

【請求項9】 前記制御手段は、前記他方のステージに保持された感応基板の露光後に、前記他方のステージ上の基準マークが前記アライメント系の検出領域内に入るように前記他方のステージを位置決めして感応基板の交換を行うことを特徴とする請求項8に記載の投影露光装置。

【請求項10】 前記他方のステージ上の基準マークを前記アライメント系で検出するときに前記干涉計システムの第4測長軸の計測値をリセットすることを特徴とす

る請求項9に記載の投影露光装置。

【請求項11】 マスクに形成されたパターンの像を投影光学系を介して感応基板上に投影露光する投影露光装置であって、

感応基板を保持して2次元平面内を移動可能な第1基板ステージと；感応基板を保持して前記第1基板ステージと同一平面内を前記第1基板ステージとは独立に移動可能な第2基板ステージと；前記第1基板ステージ及び前記第2基板ステージとの間で感応基板の受け渡しを行う搬送システムと；前記投影光学系とは別に設けられ、前記基板ステージ上の基準マーク及び前記基板ステージに保持された基板上のマークを検出するためのアライメント系と；前記第1基板ステージと前記第2基板ステージの内の一方のステージが前記搬送システムと感応基板の受け渡しを行う間に、他方のステージが露光動作を行うように前記2つの基板ステージを制御する制御手段とを有し、

該制御手段は、前記一方のステージが前記搬送システムとの間で感応基板の受け渡しを行うときに前記一方のステージ上の基準マークが前記アライメント系の検出領域内に入るように前記一方のステージを制御することを特徴とする投影露光装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、投影露光装置及び投影露光方法に係り、更に詳しくはマスクに形成されたパターンの像を投影光学系を介して感応基板上に投影露光する投影露光装置及び投影露光方法に関し、特に2つの基板ステージを独立して移動させて、露光処理と他の処理とを並行して行なう点に特徴を有するものである。

【0002】

【従来の技術】 従来より、半導体素子又は液晶表示素子等をフォトリソグラフィ工程で製造する場合に、種々の露光装置が使用されているが、現在では、フォトマスク又はレチクル（以下、「レチクル」と総称する）のパターン像を、投影光学系を介して表面にフォトレジスト等の感光材が塗布されたウエハ又はガラスプレート等の基板（以下、適宜「感応基板」と称する）上に転写する投影露光装置が一般的に使用されている。近年では、この投影露光装置として、感応基板を2次元的に移動自在な基板ステージ上に載置し、この基板ステージにより感応基板を歩進（ステッピング）させて、レチクルのパターン像を感応基板上の各ショット領域に順次露光する動作を繰り返す、所謂ステップ・アンド・リピート方式の縮小投影露光装置（いわゆるステッパー）が主流となっている。

【0003】 最近になって、このステッパー等の一括型露光装置に改良を加えた、ステップ・アンド・スキャン方式の投影露光装置（例えば特開平7-176468号公報等に記載された様な走査型露光装置）も比較的多く

用いられるようになってきた。このステップ・アンド・スキャン方式の投影露光装置は、①ステッパーに比べると大フィールドをより小さな光学系で露光できるため、投影光学系の製造が容易であるとともに、大フィールド露光によるショット数の減少により高スループットが期待出来る、②投影光学系に対してレチクル及びウエハを相対走査することで平均化効果があり、ディストーションや焦点深度の向上が期待出来る等のメリットがある。さらに、半導体素子の集積度が16M(メガ)から64MのDRAM、更に将来的には256M、1G(ギガ)というように時代とともに高くなるのに伴い、大フィールドが必須になるため、ステッパーに代わってスキャン型投影露光装置が主流になるであろうと言われている。

#### 【0004】

【発明が解決しようとする課題】この種の投影露光装置は、主として半導体素子等の量産機として使用されるものであることから、一定時間内にどれだけの枚数のウエハを露光処理できるかという処理能力、すなわちスループットを向上させることが必然的に要請される。

【0005】これに関し、ステップ・アンド・スキャン方式の投影露光装置の場合、大フィールドを露光する場合には先に述べたように、ウエハ内に露光するショット数が少なくなるのでスループットの向上が見込まれるが、露光はレチクルとウエハとの同期走査による等速移動中に行なわれることから、その等速移動領域の前後に加減速領域が必要となり、仮にステッパーのショットサイズと同等の大きさのショットを露光する場合には、却ってステッパーよりスループットが落ちる可能性がある。

【0006】この種の投影露光装置における処理の流れは、大要次のようになっている。

【0007】① まず、ウエハロードを使ってウエハをウエハテーブル上にロードするウエハロード工程が行なわれる。

【0008】② 次に、サーチアライメント機構によりウエハの大まかな位置検出を行なうサーチアライメント工程が行なわれる。このサーチアライメント工程は、具体的には、例えば、ウエハの外形を基準としたり、ある\*

$$THOR = 3600 / (T1 + T2 + T3 + T4) \dots\dots\dots (1)$$

上記T1～T4の動作は、T1→T2→T3→T4→T1……のように順次(シーケンシャルに)繰り返し実行される。このため、T1～T4までの個々の要素を高速化すれば分母が小さくなって、スループットTHORを向上させることができる。しかし、上述したT1(ウエハ交換時間)とT2(サーチアライメント時間)は、ウエハ1枚に対して一動作が行なわれるだけであるから改善の効果は比較的小さい。また、T3(ファインアライメント時間)の場合は、上述したEGA方式を用いる際にショットのサンプリング数を少なくしたり、ショット単体の計測時間を短縮すればスループットを向上させる

\*いは、ウエハ上のサーチアライメントマークを検出することにより行なわれる。

【0009】③ 次に、ウエハ上の各ショット領域の位置を正確に求めるファインアライメント工程が行なわれる。このファインアライメント工程は、一般にEGA(エンハンスド・グローバル・アライメント)方式が用いられ、この方式は、ウエハ内の複数のサンプルショットを選択しておき、当該サンプルショットに付設されたアライメントマーク(ウエハマーク)の位置を順次計測し、この計測結果とショット配列の設計値とに基づいて、いわゆる最小自乗法等による統計演算を行なって、ウエハ上の全ショット配列データを求めるものであり(特開昭61-44429号公報等参照)、高スループットで各ショット領域の座標位置を比較的高精度に求めることができる。

【0010】④ 次に、上述したEGA方式等により求めた各ショット領域の座標位置と予め計測したベースライン量とに基づいて露光位置にウエハ上の各ショット領域を順次位置決めしつつ、投影光学系を介してレチクルのパターン像をウエハ上に転写する露光工程が行なわれる。

【0011】⑤ 次に、露光処理されたウエハテーブル上のウエハをウエハアンローダを使ってウエハアンロードさせるウエハアンロード工程が行なわれる。このウエハアンロード工程は、露光処理を行なうウエハの上記①のウエハロード工程と同時にに行なわれる。すなわち、①と⑤とによってウエハ交換工程が構成される。

【0012】このように、従来の投影露光装置では、ウエハ交換→サーチアライメント→ファインアライメント→露光→ウエハ交換……のように、大きく4つの動作が1つのウエハステージを用いて繰り返し行なわれている。

【0013】また、この種の投影露光装置のスループットTHOR[枚/時間]は、上述したウエハ交換時間をT1、サーチアライメント時間をT2、ファインアライメント時間をT3、露光時間をT4とした場合に、次式(1)のように表すことができる。

#### 【0014】

ことができるが、逆にアライメント精度を劣化させることになるため、安易にT3を短縮することはできない。

【0015】また、T4(露光時間)は、ウエハ露光時間とショット間のステップング時間とを含んでいる。例えば、ステップ・アンド・スキャン方式のような走査型投影露光装置の場合は、ウエハ露光時間を短縮させる分だけレチクルとウエハの相対走査速度を上げる必要があるが、同期精度が劣化することから、安易に走査速度を上げることができない。

【0016】また、この種の投影露光装置で上記スループット面の他に、重要な条件としては、①解像度、②焦

点深度(DOF: Depth of Focus)、③線幅制御精度が挙げられる。解像度Rは、露光波長を $\lambda$ とし、投影レンズの開口数をN.A. (Numerical Aperture)とすると、 $\lambda/N.A.$ に比例し、焦点深度DOFは $\lambda/(N.A.)^2$ に比例する。

【0017】このため、解像度Rを向上させる(Rの値を小さくする)には、露光波長 $\lambda$ を小さくするか、あるいは開口数N.A.を大きくする必要がある。特に、最近では半導体素子等の高密度化が進んでおり、デバイスルールが $0.2\mu\text{m}L/S$ (ライン・アンド・スペース)以下となってきたことから、これらのパターンを露光する為には照明光源としてKrFエキシマレーザを用いている。しかしながら、前述したように半導体素子の集積度は、将来的に更に上がることは必至であり、KrFより短波長な光源を備えた装置の開発が望まれる。このようなより短波長な光源を備えた次世代の装置の候補として、ArFエキシマレーザを光源とした装置、電子線露光装置等が代表的に挙げられるが、ArFエキシマレーザの場合は、酸素のある所では光が殆ど透過せず、高出力が出にくい上、レーザの寿命も短く、装置コストが高いという技術的な課題が山積しており、また、電子線露光装置の場合、光露光装置に比べてスループットが著しく低いという不都合があることから、短波長化を主な観点とした次世代機の開発は思うようにいかないというのが現実である。

【0018】解像度Rを上げる他の手法としては、開口数N.A.を大きくすることも考えられるが、N.A.を大きくすると、投影光学系のDOFが小さくなるというデメリットがある。このDOFは、UDOF(User Depth of Focus: ユーザ側で使用する部分: パターン段差やレジスト厚等)と、装置自身の総合焦点差とに大別することができる。これまでは、UDOFの比率が大きかったため、DOFを大きく取る方向が露光装置開発の主軸であり、このDOFを大きくする技術として例えば変形照明等が実用化されている。

【0019】ところで、デバイスを製造するためには、 $L/S$ (ライン・アンド・スペース)、孤立L(ライン)、孤立S(スペース)、及びCH(コンタクトホール)等が組み合わさったパターンをウエハ上に形成する必要があるが、上記の $L/S$ 、孤立ライン等のパターン形状毎に最適露光を行なうための露光パラメータが異なっている。このため、従来は、ED-TREE(レチクルが異なるCHは除く)という手法を用いて、解像線幅が目標値に対して所定の許容誤差内となり、かつ所定のDOFが得られるような共通の露光パラメータ(コヒーレンスファクタ $\sigma$ 、N.A.、露光制御精度、レチクル描画精度等)を求めて、これを露光装置の仕様とすることが行なわれている。しかしながら、今後は以下のような技術的な流れがあると考えられている。

【0020】①プロセス技術(ウエハ上平坦化)向上に

より、パターン低段差化、レジスト厚減少が進み、UDOFが $1\mu\text{m}$ 台 $\rightarrow 0.4\mu\text{m}$ 以下になる可能性がある。

【0021】②露光波長がg線( $436\text{nm}$ ) $\rightarrow$ i線( $365\text{nm}$ ) $\rightarrow$ KrF( $248\text{nm}$ )と短波長化している。しかし、今後はArF( $193$ )までの光源しか検討されてなく、その技術的ハードルも高い。その後はEB露光に移行する。

【0022】③ステップ・アンド・リピートのような静止露光に代わりステップ・アンド・スキャンのような走査露光がステッパの主流になる事が予想されている。この技術は、径の小さい投影光学系で大フィールド露光が可能であり(特にスキャン方向)、その分高N.A.化を実現し易い。

【0023】上記のような技術動向を背景にして、限界解像度を向上させる方法として、二重露光法が見直され、この二重露光法をKrF及び将来的にはArF露光装置に用い、 $0.1\mu\text{m}L/S$ まで露光しようという試みが検討されている。一般に二重露光法は以下の3つの方法に大別される。

【0024】(1)露光パラメータの異なる $L/S$ 、孤立線を別々のレチクルに形成し、各々最適露光条件により同一ウエハ上に二重に露光を行なう。

【0025】(2)位相シフト法等を導入すると、孤立線より $L/S$ の方が同一DOFにて限界解像度が高い。これを利用することにより、1枚目のレチクルで全てのパターンを $L/S$ で形成し、2枚目のレチクルにて $L/S$ を間引きすることで孤立線を形成する。

【0026】(3)一般に、 $L/S$ より孤立線は、小さなN.A.にて高い解像度を得ることができる(但し、DOFは小さくなる)。そこで、全てのパターンを孤立線で形成し、1枚目と2枚目のレチクルによってそれぞれ形成した孤立線の組み合わせにより、 $L/S$ を形成する。

【0027】上記の二重露光法は解像度向上、DOF向上の2つの効果がある。

【0028】しかし、二重露光法は、複数のレチクルを使って露光処理を複数回行なう必要があるため、従来の装置に比べて露光時間( $T_4$ )が倍以上になり、スループットが大幅に劣化するという不都合があったことから、現実には、二重露光法はあまり真剣に検討されてなく、従来より露光波長の紫外化、変形照明、位相シフトレチクル等により、解像度、焦点深度(DOF)の向上が行なわれてきた。

【0029】しかしながら、先に述べた二重露光法をKrF、ArF露光装置に用いると $0.1\mu\text{m}L/S$ までの露光が実現することにより、 $256\text{M}$ 、 $1\text{G}$ のDRAMの量産を目的とする次世代機の開発の有力な選択肢であることは疑いなく、このためのネックとなる二重露光法の課題であるスループットの向上のため新技術の開発が待望されていた。

【0030】これに関し、前述した4つの動作、すなわちウエハ交換、サーチアライメント、ファインアライメント、及び露光動作の内の複数動作同士を部分的にでも同時並行的に処理できれば、これら4つの動作をシーケンシャルに行なう場合に比べて、スループットを向上させることができると考えられ、そのためには基板ステージを複数設けることが前提となるが、このことは理論上は簡単に思えるが、現実には基板ステージを複数設け、十分な効果を発揮させるためには、解決しなければならない多くの問題が山積している。例えば、現状と同程度の大きさの基板ステージを単に2つ並べて配置するので、装置の設置面積（いわゆるフットプリント）が著しく増大し、露光装置が置かれるクリーンルームのコストアップを招くという不都合がある。また、高精度な重ね合わせを実現するためには、同一の基板ステージ上の感応基板に対し、アライメントを実行した後、そのアライメントの結果を用いてマスクのパターン像と感応基板の位置合わせを実行して露光を行なう必要があるため、単に2つの基板ステージの内、一方を例えば露光専用、他方をアライメント専用等とすることは、現実的な解決策とは成り得ない。

【0031】本発明は、かかる事情の下になされたもので、その第1の目的は、露光動作とアライメント動作等との並行処理によりスループットの向上及び基板ステージの小型・軽量化を図ることが可能な投影露光装置を提供することにある。

【0032】また、本発明の第2の目的は、スループットの向上及びステージの小型・軽量化を図ることが可能な投影露光方法を提供することにある。

【0033】

【課題を解決するための手段】請求項1に記載の発明は、マスク（R）に形成されたパターン像を投影光学系（PL）を介して感応基板（W1、W2）上に投影露光する投影露光装置であって、感応基板（W1）を保持して2次元平面内を移動可能な第1基板ステージ（WS1）と；感応基板（W2）を保持して前記第1基板ステージ（WS1）と同一平面内を前記第1基板ステージ（WS1）とは独立に移動可能な第2基板ステージ（WS2）と；前記投影光学系（PL）とは別に設けられ、前記基板ステージ（WS1、WS2）上又は前記基板ステージ（WS1、WS2）に保持された感応基板（W1、W2）上のマークを検出するためのアライメント系（例えば24a）と；前記投影光学系（PL）の投影中心と前記アライメント系（24a）の検出中心とを通る第1軸方向の一方側から前記第1基板ステージ（WS1）の前記第1軸方向の位置を常に計測する第1測長軸（B11X）と、前記第1軸方向の他方側から前記第2基板ステージ（WS2）の前記第1軸方向の位置を常に計測する第2測長軸（B12X）と、前記投影光学系（PL）の投影中心で前記第1軸と垂直に交差する第3

測長軸（B13Y）と、前記アライメント系（24a）の検出中心で前記第1軸と垂直に交差する第4測長軸（B14Y）とを備え、これらの測長軸（B11X～B14Y）により前記第1及び第2基板ステージ（WS1及びWS2）の2次元位置をそれぞれ計測する干渉計システムと；前記第1基板ステージ（WS1）及び第2基板ステージ（WS2）の内の一方のステージの位置が前記干渉計システムの前記第3測長軸（B13Y）の計測値を用いて管理され、該一方のステージに保持された感応基板が露光される間に、前記第1基板ステージ（WS1）及び第2基板ステージ（WS2）の内の他方のステージに保持された感応基板上のアライメントマークと前記他方のステージ上の基準点との位置関係が前記アライメント系（24a）の検出結果と前記干渉計システムの第4測長軸（B14Y）の計測値とを用いて検出されるように前記2つの基板ステージ（WS1、WS2）の動作を制御した後に、前記第3測長軸（B13Y）の計測値を用いて前記他方のステージの位置計測が可能な状態で前記第3測長軸（B13Y）の干渉計をリセットするとともに、前記投影光学系（PL）の投影領域内の所定の基準点との位置関係を検出可能な位置に前記他方のステージ上の基準点が位置決めされるように前記他方のステージの動作を制御する制御手段（90）と；を有する。

【0034】これによれば、干渉計システムの第1測長軸、第2測長軸により第1基板ステージ、第2基板ステージの第1軸方向の位置が常に計測されるので、いずれの基板ステージについても第1軸方向に垂直な方向の位置を露光時、アライメントマーク計測時等に正確に計測すれば、第1、第2基板ステージの2次元位置を管理できる。この場合、制御手段では、第1基板ステージ及び第2基板ステージの内の一方のステージの位置が干渉計システムの第3測長軸の計測値を用いて管理され、該一方のステージに保持された感応基板が露光される間に、第1基板ステージ及び第2基板ステージの内の他方のステージに保持された感応基板上のアライメントマークと他方のステージ上の基準点との位置関係がアライメント系の検出結果と干渉計システムの第4測長軸の計測値とを用いて検出されるように2つの基板ステージの動作を制御した後に、第3測長軸の計測値を用いて他方のステージの位置計測が可能な状態で第3測長軸の干渉計をリセットするとともに、投影光学系の投影領域内の所定の基準点との位置関係を検出可能な位置に他方のステージ上の基準点が位置決めされるように他方のステージの動作を制御する。

【0035】すなわち、制御手段では前記一方のステージに保持された感応基板に対し、投影光学系の投影中心で第1軸方向の測長軸（第1測長軸及び第2測長軸）に垂直に交差する第3測長軸の計測値を用いて一方のステージの位置をアッペ誤差なく管理しつつ投影光学系を介

してのマスクのパターン像の露光が行なわれる間に、他方のステージに保持された感応基板上的のアライメントマークと他方のステージ上の基準点との位置関係がアライメント系の検出結果とアライメント系の検出中心で第1軸方向の測長軸（第1測長軸及び第2測長軸）に垂直に交差する第4測長軸の計測値を用いてアッペ誤差なく正確に検出されるように、2つの基板ステージの動作を制御することができ、このようにして一方の基板ステージ上の露光動作と他方のステージ上のアライメント動作とを並行して行なうことができるので、スルーボットの向上を図ることが可能である。

【0036】また、制御手段では、上記の両ステージの動作が終了すると、第3測長軸の計測値を用いて他方のステージの位置計測が可能な状態で第3測長軸の干渉計をリセットするとともに、投影光学系の投影領域内の所定の基準点との位置関係を検出可能な位置に他方のステージ上の基準点が位置決めされるように他方のステージの動作を制御する。このため、ステージ上の基準点と感応基板上的のアライメントマークとの位置関係が計測された（アライメントが終了した）他方のステージについては、アライメントマークの計測時に使用された第4測長軸が計測不能状態におちいても、何等の不都合なく、第3測長軸の計測値を用いてその位置を管理することができるようになり、他方のステージ上の基準点と投影光学系の投影領域内の所定の基準点との位置関係を検出し、この位置関係と前記アライメント計測結果と第3測長軸の計測値とを用いて投影光学系の投影領域と感応基板との位置合わせを行ないつつ露光を行なうことが可能となる。すなわち、アライメント時の他方のステージの位置を管理していた測長軸が計測不能となっても、別の測長軸により露光時の他方のステージの位置管理を行なうことが可能となることから、上記各測長軸の干渉計ビームを反射させるためのステージ反射面を小型化することができ、これにより基板ステージを小型化することができる。

【0037】請求項2に記載の発明は、請求項1に記載の投影露光装置において、前記投影光学系（PL）に関して前記アライメント系（24a）の反対側に前記第1軸上に検出中心を有する別のアライメント系（24b）を有し、前記干渉計システムは、前記別のアライメント系（24b）の検出中心で前記第1軸と垂直に交差する第5測長軸（B15Y）を備え、前記制御手段（90）は、前記一方のステージの位置が前記干渉計システムの前記第3測長軸（B13Y）の計測値を用いて管理され、該一方のステージに保持された感応基板が露光される間に、前記他方のステージに保持された感応基板上的のアライメントマークと前記他方のステージ上の基準点との位置関係が前記アライメント系の検出結果と前記干渉計システムの第4測長軸（B14Y）の計測値とを用いて検出されるように前記2つの基板ステージの動作を制

御した後に、前記第5測長軸（B15Y）の計測値を用いて前記一方のステージの位置計測が可能な状態で前記第5測長軸（B15Y）の干渉計をリセットするとともに、前記別のアライメント系（24b）の検出領域内に前記一方の基板ステージ上の基準点が位置決めされるように前記一方のステージの動作を制御することを特徴とする。

【0038】これによれば、制御手段では前記一方のステージに保持された感応基板に対し、投影光学系の投影中心で第1軸方向の測長軸（第1測長軸及び第2測長軸）に垂直に交差する第3測長軸の計測値を用いて一方のステージの位置をアッペ誤差なく管理しつつ投影光学系を介してのマスクのパターン像の露光が行なわれる間に、他方のステージに保持された感応基板上的のアライメントマークと他方のステージ上の基準点との位置関係がアライメント系の検出結果とアライメント系の検出中心で第1軸方向の測長軸（第1測長軸及び第2測長軸）に垂直に交差する第4測長軸の計測値を用いてアッペ誤差なく正確に検出されるように、2つの基板ステージの動作を制御することができ、このようにして一方の基板ステージ上の露光動作と他方のステージ上のアライメント動作とが並行して行なわれることとなる。

【0039】また、制御手段では、上記の両ステージの動作が終了すると、第5測長軸の計測値を用いて一方のステージの位置計測が可能な状態で第5測長軸の干渉計をリセットするとともに、別のアライメント系の検出領域内に一方の基板ステージ上の基準点が位置決めされるように一方のステージの動作を制御する。このため、感応基板に対する露光が終了した一方のステージについては、露光時に使用された第3測長軸が計測不能状態になっても、何等の不都合なく、別のアライメント系の検出中心で第1軸方向の測長軸（第1測長軸及び第2測長軸）に垂直に交差する第5測長軸の計測値を用いてアッペ誤差なくその位置を管理することができるようになり、別のアライメント系により一方の基板ステージ上の基準点の位置と、一方のステージ上に保持された感応基板のアライメントマークの位置とを露光に引き続いて計測することができるようになる。従って、2つの基板ステージを第1軸方向にずらし、アライメント動作が終了した他方の基板ステージの位置計測が第3測長軸の計測値を用いて可能な状態で第3測長軸の干渉計をリセットし、第5測長軸の計測値を用いて露光動作が終了した一方のステージの位置計測が可能な状態で第5測長軸の干渉計をリセットすることにより、一方のステージ側の露光動作と他方のステージ側の露光動作を容易に切り替えることが可能になる。

【0040】この場合において、請求項3に記載の発明の如く、第1基板ステージ（WS1）及び第2基板ステージ（WS2）との間で感応基板（W1、W2）の受け渡しを行なう搬送システム（180～200）をさらに

10

20

30

40

50

有する場合には、前記制御手段は、前記別のアライメント系（24b）の検出領域内に前記一方の基板ステージ上の基準点を位置決めした状態で、前記一方のステージと前記搬送システム（180～200）との間で基板の受け渡しを行なうようにすることが望ましい。このようにする場合には、上記の露光動作とアライメント動作との切り替えに加え、制御手段により、干渉計システムの第5測長軸のリセットとともに別のアライメント系の検出領域内に一方の基板ステージ上の基準点を位置決めした状態で一方のステージと搬送システムとの間で基板の受け渡しが行なわれるので、アライメント開始動作である基準点の位置計測と感応基板の交換とを基板ステージの静止状態で行なうことができる。更に、基板交換位置からアライメント開始位置への基板ステージの移動時間が零となるのに加え、先に説明した時間T1、時間T2及び時間T3の動作を一方の基板ステージ側で行ない、時間T4の動作を他方の基板ステージ側で行なうことが可能になるので、請求項2に記載の発明の場合に比べても一層スループットの向上を図ることが可能となる。

【0041】請求項4に記載の発明は、請求項1に記載の投影露光装置において、前記第1基板ステージ（WS1）及び前記第2基板ステージ（WS2）上には前記ステージの基準点としての基準マーク（MK1、MK2、MK3）がそれぞれ形成され、前記投影光学系（PL）の投影領域内の所定の基準点は前記マスク（R）のパターン像の投影中心であり、前記マスク（R）のパターン像の投影中心と前記ステージ上の基準マークとの相対位置関係を前記マスク（R）と前記投影光学系（PL）を介して検出するマーク位置検出手段（142、144）を更に有することを特徴とする。

【0042】これによれば、制御手段では一方のステージに保持された感応基板に対し、第3測長軸の計測値を用いて一方のステージの位置をアッペ誤差なく管理しつつ投影光学系を介してのマスクのパターン像の露光が行なわれる間に、他方のステージに保持された感応基板上のアライメントマークと他方のステージ上の基準マーク（MK2）との位置関係がアライメント系（24a）の検出結果と第4測長軸の計測値を用いてアッペ誤差なく正確に検出されるように、2つの基板ステージの動作を制御することができ、このようにして一方の基板ステージ上の露光動作と他方のステージ上のアライメント動作とが並行して行なわれることとなる。

【0043】また、制御手段では、上記の両ステージの動作が終了すると、第3測長軸の計測値を用いて他方のステージの位置計測が可能な状態で第3測長軸の干渉計をリセットするとともに、マスクのパターン像の投影中心との位置関係を検出可能な位置に他方のステージ上の基準点（MK1、MK3）が位置決めされるように他方のステージの動作を制御する。このため、ステージ上の基準点（MK2）と感応基板上のアライメントマークと

の位置関係が計測された他方のステージについては、アライメントマークの計測時に使用された第4測長軸が計測不能状態になっても、何等の不都合なく、第3測長軸の計測値を用いてその位置を管理することができるようになり、他方のステージ上の基準点（MK1、MK3）とマスクのパターン像の投影中心との相対位置関係をマスク（R）と投影光学系（PL）を介して検出するマーク位置検出手段（142、144）を用いて検出することができ、この位置関係と前記アライメント計測結果と第3測長軸の計測値とを用いて投影光学系（PL）によるマスクのパターン像と感応基板との位置合わせを行ないつつ露光を行なうことが可能となる。

【0044】請求項5に記載の発明は、マスク（R）のパターンの像を投影光学系（PL）を介して感応基板（W1、W2）上に投影露光する投影露光方法であって、感応基板（W1、W2）を保持して各々同一の平面内を独立に移動可能な2つの基板ステージ（WS1、WS2）を用意し；所定の干渉計により前記2つのステージの内の一方の位置計測を行いながら、該一方のステージに保持された感応基板上に前記マスクのパターン像を投影露光し、前記一方のステージに保持された基板の露光中に、前記所定の干渉計とは別の干渉計により前記2つのステージの内の他方のステージの位置計測を行いながら、該他方のステージに保持された感応基板上の位置合わせマークと前記他方のステージ上の基準点との位置関係を計測し；前記一方のステージに保持された感応基板の露光終了後に、前記所定の干渉計により前記他方のステージの位置計測が可能な状態で前記所定の干渉計をリセットをするとともに、前記投影光学系の投影領域内の所定の基準点との位置関係を検出可能な位置に前記他方のステージの基準点を位置決めし；前記計測された位置関係に基づき、前記リセットされた所定の干渉計を用いて前記他方のステージ上に保持された感応基板とマスクのパターン像との位置合わせを行うことを特徴とする。

【0045】これによれば、一方のステージに保持された感応基板の露光動作と、他方のステージに保持された感応基板の位置合わせマークと該ステージ上の基準点との位置関係の計測（アライメント動作）とが、並行して行われる。この際、一方のステージの位置は所定の干渉計によって管理され、他方のステージの位置は別の干渉計によって管理される。そして、一方のステージ側の露光動作が終了すると、それまで一方のステージの位置を管理していた所定の干渉計により他方のステージの位置計測が可能な状態でその所定の干渉計がリセットされるとともに、投影光学系の投影領域内の所定の基準点との位置関係を検出可能な位置に他方のステージの基準点が位置決めされる。続いて、先に計測された他方のステージに保持された感応基板上の位置合わせマークと他方のステージ上の基準点との位置関係に基づき、リセットさ



れた所定の干渉計を用いて他方のステージ上に保持された感応基板とマスクのパターン像との位置合わせが行われ、マスクのパターン像が感応基板上に投影露光される。

【0046】すなわち、一方の基板ステージに保持された感応基板の露光動作と他方のステージに保持された感応基板のアライメント動作とが並行して行われた後に、一方の基板ステージが所定の基板交換位置に退避するのと並行して他方のステージが投影光学系の方に移動され、その他方のステージがその位置を所定の干渉計により計測可能な位置までくると、当該所定の干渉計がリセットされ、投影光学系の投影領域内の所定の基準点（例えば、マスクのパターン像の投影中心）との位置関係を検出可能な位置に他方のステージの基準点が位置決めされ、両者の位置関係が検出されると、この検出結果と先にアライメント動作の際に計測されたステージ上の基準点と位置合わせマークとの位置関係とに基づいてリセット後の所定の干渉計で位置を管理しつつ他方のステージ上に保持された感応基板とマスクのパターン像との位置合わせが露光時に行われる。

【0047】従って、一方の基板ステージ上の感応基板の露光動作と他方の基板ステージ上の感応基板のアライメント動作とを並行して行なうことによりスループットの向上を図ることができるとともに、アライメント時の他方のステージの位置を管理していた別の干渉計が計測不能となっても、所定の干渉計により露光時の他方のステージの位置管理を行なうことが可能となることから、上記各干渉計の干渉計ビームを反射させるためのステージ反射面を小型化することができ、これにより基板ステージを小型化することができる。

【0048】請求項6に記載の発明は、マスク（R）に形成されたパターン像を投影光学系（PL）を介して感応基板（W1、W2）上に投影露光する投影露光装置であって、感応基板（W1）を保持して2次元平面内を移動可能な第1基板ステージ（WS1）と；感応基板

（W2）を保持して前記第1基板ステージ（WS1）と同一平面内を前記第1基板ステージ（WS1）とは独立に移動可能な第2基板ステージ（WS2）と；前記投影光学系（PL）とは別に設けられ、前記基板ステージ

（WS1、WS2）上の基準マーク及び前記基板ステージに保持された感応基板上のマークを検出するためのアライメント系（例えば24a）と；前記投影光学系（PL）の投影中心と前記アライメント系（24a）の検出中心とを通る第1軸方向の一方側から前記第1基板ステージ（WS1）の前記第1軸方向の位置を計測するための第1測長軸（B11X）と、前記第1軸方向の他方側から前記第2基板ステージ（WS2）の前記第1軸方向の位置を計測するための第2測長軸（B1X2）と、前記投影光学系（PL）の投影中心で前記第1軸と直交する第3測長軸（B13Y）と、前記アライメント系（2

10

20

30

40

50

4a）の検出中心で前記第1軸と直交する第4測長軸（B14Y）とを備え、これらの測長軸（B11X～B14Y）により前記第1及び第2基板ステージ（WS1及びWS2）の2次元位置をそれぞれ計測する干渉計システムと；前記第1基板ステージ（WS1）及び前記第2基板ステージ（WS2）の内の一方のステージの位置を前記干渉計システムの第3測長軸（B13Y）を用いて管理しつつ該一方のステージ上の感応基板を露光している間に、前記他方のステージの位置を前記干渉計システムの第4測長軸（B14Y）を使って管理しつつ前記他方のステージに保持された感応基板上のマークと前記他方のステージ上の基準マークとの位置関係を前記アライメント系（24a）を用いて求めるとともに、前記一方のステージに保持された感応基板の露光後に、前記他方のステージの位置を前記第3測長軸（B13Y）を用いて管理しつつ前記投影光学系（PL）による前記マスクのパターン像の投影位置と前記他方のステージ上の基準マークとの位置関係を求める制御手段（90）と；を有する。

【0049】これによれば、制御手段では、第1基板ステージ及び第2基板ステージの内の一方のステージの位置を干渉計システムの第3測長軸の計測値を用いて管理しつつ該一方のステージ上の感応基板を露光している間に、他方のステージに保持された感応基板上のマークと他方のステージ上の基準マークとの位置関係をアライメント系を用いて求めるとともに、一方のステージに保持された感応基板の露光後に、他方のステージの位置を第3測長軸を用いて管理しつつ投影光学系によるマスクのパターン像の投影位置と他方のステージ上の基準マークとの位置関係を求める。

【0050】すなわち、制御手段では前記一方のステージに保持された感応基板に対し、投影光学系の投影中心で第1軸方向の測長軸（第1測長軸及び第2測長軸）に直交する第3測長軸の計測値を用いて一方のステージの位置をアッペ誤差なく管理しつつ投影光学系を介してのマスクのパターン像の露光が行なわれる間に、他方のステージに保持された感応基板上のマークと他方のステージ上の基準マークとの位置関係をアライメント系の検出結果とアライメント系の検出中心で第1軸方向の測長軸（第1測長軸及び第2測長軸）に直交する第4測長軸の計測値を用いてアッペ誤差なく正確に検出し、このようにして一方の基板ステージ上の露光動作と他方のステージ上のアライメント動作とを並行して行なうことができるので、スループットの向上を図ることが可能である。

【0051】また、制御手段では、一方のステージに保持された感応基板の露光後、すなわち上記の両ステージの動作終了後に、他方のステージの位置を第3測長軸を用いて管理しつつ投影光学系によるマスクのパターン像の投影位置と他方のステージ上の基準マークとの位置関係を求める。このため、ステージ上の基準マークと感応

基板上のアライメントマークとの位置関係が計測された（アライメントが終了した）他方のステージについては、アライメントマークの計測時に使用された第 4 測長軸が計測不能状態におちいても、何等の不都合なく、第 3 測長軸の計測値を用いてその位置を管理することができるようになり、他方のステージ上の基準マークと投影光学系によるマスクのパターン像の投影位置との関係を求め、この位置関係と前記アライメント計測結果と第 3 測長軸の計測値とを用いて投影光学系の投影領域と感応基板との位置合わせを行ないつつ露光を行なうことが可能となる。すなわち、アライメント時の他方のステージの位置を管理していた測長軸が計測不能となっても、別の測長軸により露光時の他方のステージの位置管理を行なうことから、上記各測長軸の干渉計ビームを反射させるためのステージ反射面を小型化することができ、これにより基板ステージを小型化することができる。

【0052】この場合において、請求項 7 に記載の発明の如く、前記一方のステージに保持された感応基板の露光後であって前記投影光学系（PL）による前記マスク（R）のパターン像の投影位置と前記他方のステージ上の基準マークとの位置関係を求めるときに、前記干渉計システムの第 3 測長軸（BI3Y）の計測値をリセットするようにしても良い。

【0053】請求項 8 に記載の発明は、上記請求項 6 に記載の投影露光装置において、前記制御手段（90）は、前記他方のステージに保持された感応基板上のマークとその他方のステージ上の基準マークとの位置関係及び、前記投影光学系による前記マスクのパターン像の投影位置と前記他方のステージ上の基準マークとの位置関係を求めたときの前記第 3 測長軸の計測結果に基づいて前記他方のステージの位置を制御しながら前記他方のステージに保持された感応基板を露光することを特徴とする。

【0054】これによれば、他方のステージに保持された感応基板上のマークとその他方のステージ上の基準マークとの位置関係（これは同一のセンサ、すなわちアライメント系で求められている）及び、投影光学系によるマスクのパターン像の投影位置と他方のステージ上の基準マークとの位置関係を求めたときの第 3 測長軸の計測結果に基づいて他方のステージの位置を制御しながら他方のステージに保持された感応基板を露光するので、他方のステージに保持された感応基板上のマークとその他方のステージ上の基準マークとの位置関係を求めた後に、その位置関係を求めた際に他方のステージの位置を管理していた第 4 測長軸が計測不能となっても、何らの不都合が生じることなく、露光の際に感応基板を高精度に露光位置に位置決めすることが可能になる。

【0055】この場合において、請求項 9 に記載の発明の如く、前記制御手段（90）は、前記他方のステージに保持された感応基板の露光後に、前記他方のステージ

上の基準マークが前記アライメント系の検出領域内に入るように前記他方のステージを位置決めして感応基板の交換を行うようにすることが望ましい。

【0056】このようにする場合には、制御手段により、アライメント系の検出領域内に他方の基板ステージ上の基準マークを位置決めした状態で他方のステージ上の基板交換が行われるので、アライメント開始動作と感応基板の交換とを基板ステージの静止状態で行なうことができる。更に、基板交換位置からアライメント開始位置への基板ステージの移動時間が零となるのに加え、先に説明した時間 T1、時間 T2 及び時間 T3 の動作を他方の基板ステージ側で行ない、時間 T4 の動作を一方の基板ステージ側で行なうことが可能になるので、スループットの向上が可能である。

【0057】また、この場合において、請求項 10 に記載の発明の如く、前記他方のステージ上の基準マークを前記アライメント系で検出するときに前記干渉計システムの第 4 測長軸の計測値をリセットするようにしても良い。

【0058】請求項 11 に記載の発明は、マスク（R）に形成されたパターン像を投影光学系（PL）を介して感応基板（W）上に投影露光する投影露光装置であって、感応基板（W1）を保持して 2 次元平面内を移動可能な第 1 基板ステージ（WS1）と；感応基板（W2）を保持して前記第 1 基板ステージ（WS1）と同一平面内を前記第 1 基板ステージ（WS1）とは独立に移動可能な第 2 基板ステージ（WS2）と；前記第 1 基板ステージ（WS1）及び前記第 2 基板ステージ（WS2）との間で感応基板の受け渡しを行う搬送システム（180～200）と；前記投影光学系（PL）とは別に設けられ、前記基板ステージ上の基準マーク及び前記基板ステージに保持された感応基板上のマークを検出するためのアライメント系（例えば 24a）と；前記第 1 基板ステージ（WS1）と前記第 2 基板ステージ（WS2）の内の一方のステージが前記搬送システム（180～200）との間で感応基板の受け渡しを行う間に、他方のステージが露光動作を行うように前記 2 つの基板ステージを制御する制御手段（90）とを有し、該制御手段（90）は、前記一方のステージが前記搬送システムとの間で感応基板の受け渡しを行うときに前記一方のステージ上の基準マークが前記アライメント系の検出領域内に入るように前記一方のステージを制御することを特徴とする。

【0059】これによれば、制御手段により、第 1 基板ステージ及び第 2 基板ステージの内の一方のステージが搬送システムとの間で感応基板の受け渡しを行う間に、他方のステージが露光動作を行うように両ステージの動作が制御される。従って、先に説明した時間 T1 の動作と、時間 T4 の動作とが並行処理できる。また、制御手段により、一方のステージが搬送システムとの間で感応

10

20

30

40

50

基板の受け渡しを行うときに一方のステージ上の基準マークがアライメント系の検出領域内に入るように一方のステージが制御されるので、アライメント開始動作である基準マークの位置計測と感応基板の交換とを基板ステージの静止状態で行なうことができる。更に、基板交換位置からアライメント開始位置への基板ステージの移動時間が零となるのに加え、先に説明した時間T1、時間T2及び時間T3の動作を一方の基板ステージ側で行ない、時間T4の動作を他方の基板ステージ側で行なうことが可能になる。従って、時間(T1+T2+T3+T4)を要していた従来のシーケンシャルな処理に比べてスループットを向上させることが可能になる。

【0060】

【発明の実施の形態】

《第1の実施形態》以下、本発明の第1の実施形態を図1ないし図15に基づいて説明する。

【0061】図1には、一実施形態に係る投影露光装置10の概略構成が示されている。この投影露光装置10は、いわゆるステップ・アンド・スキャン方式の走査露光型の投影露光装置である。

【0062】この投影露光装置10は、ベース盤12上を感応基板としてのウエハW1、W2をそれぞれ保持して独立して2次元方向に移動する第1、第2の基板ステージとしてのウエハステージWS1、WS2を備えたステージ装置、このステージ装置の上方に配置された投影光学系PL、投影光学系PLの上方でマスクとしてのレチクルRを主として所定の走査方向、ここではY軸方向（図1における紙面直交方向）に駆動するレチクル駆動機構、レチクルRを上方から照明する照明系及びこれら各部を制御する制御系等を備えている。

【0063】前記ステージ装置は、ベース盤12上に不図示の空気軸受けを介して浮上支持され、X軸方向（図1における紙面左右方向）及びY軸方向（図1における紙面直交方向）に独立して2次元移動可能な2つのウエハステージWS1、WS2と、これらのウエハステージWS1、WS2を駆動するステージ駆動系と、ウエハステージWS1、WS2の位置を計測する干渉計システムとを備えている。

【0064】これをさらに詳述すると、ウエハステージWS1、WS2の底面には不図示のエアパッド（例えば、真空予圧型空気軸受け）が複数ヶ所に設けられており、このエアパッドの空気噴き出し力と真空予圧力とのバランスにより例えば数ミクロンの間隔を保った状態で、ベース盤12上に浮上支持されている。

【0065】ベース盤12上には、図3の平面図に示されるように、X軸方向に延びる2本のX軸リニアガイド（例えば、いわゆるムービングコイル型のリニアモータの固定側マグネットのようなもの）122、124が平行に設けられており、これらのX軸リニアガイド122、124には、当該各X軸リニアガイドに沿って移動

可能な各2つの移動部材114、118及び116、120がそれぞれ取り付けられている。これら4つの移動部材114、118、116、120の底面には、X軸リニアガイド122又は124を上方及び側方から囲むように不図示の駆動コイルがそれぞれ取り付けられており、これらの駆動コイルとX軸リニアガイド122又は124とによって、各移動部材114、116、118、120をX軸方向に駆動するムービングコイル型のリニアモータが、それぞれ構成されている。但し、以下の説明では、便宜上、上記移動部材114、116、118、120をX軸リニアモータと呼ぶものとする。

【0066】この内2つのX軸リニアモータ114、116は、Y軸方向に延びるY軸リニアガイド（例えば、ムービングマグネット型のリニアモータの固定側コイルのようなもの）110の両端にそれぞれ設けられ、また、残り2つのX軸リニアモータ118、120は、Y軸方向に延びる同様のY軸リニアガイド112の両端に固定されている。従って、Y軸リニアガイド110は、X軸リニアモータ114、116によってX軸リニアガイド122、124に沿って駆動され、またY軸リニアガイド112は、X軸リニアモータ118、120によってX軸リニアガイド122、124に沿って駆動されるようになっている。

【0067】一方、ウエハステージWS1の底部には、一方のY軸リニアガイド110を上方及び側方から囲む不図示のマグネットが設けられており、このマグネットとY軸リニアガイド110とによってウエハステージWS1をY軸方向に駆動するムービングマグネット型のリニアモータが構成されている。また、ウエハステージWS2の底部には、他方のY軸リニアガイド112を上方及び側方から囲む不図示のマグネットが設けられており、このマグネットとY軸リニアガイド112とによってウエハステージWS2をY軸方向に駆動するムービングマグネット型のリニアモータが構成されている。

【0068】すなわち、本実施形態では、上述したX軸リニアガイド122、124、X軸リニアモータ114、116、118、120、Y軸リニアガイド110、112及びウエハステージWS1、WS2底部の不図示のマグネット等によってウエハステージWS1、WS2を独立してXY2次元駆動するステージ駆動系が構成されている。このステージ駆動系は、図1のステージ制御装置38によって制御される。

【0069】なお、Y軸リニアガイド110の両端に設けられた一対のX軸リニアモータ114、116のトルクを若干可変する事で、ウエハステージWS1に微少ヨーイングを発生させたり、除去する事も可能である。同様に、Y軸リニアガイド112の両端に設けられた一対のX軸リニアモータ118、120のトルクを若干可変する事で、ウエハステージWS2に微少ヨーイングを発生させたり、除去する事も可能である。

10

20

30

40

50

【0070】前記ウエハステージWS1、WS2上には、不図示のウエハホルダを介してウエハW1、W2が真空吸着等により固定されている。ウエハホルダは、不図示のZ・θ駆動機構によって、XY平面に直交するZ軸方向及びθ方向（Z軸回りの回転方向）に微小駆動されるようになっている。また、ウエハステージWS1、WS2の上面には、種々の基準マークが形成された基準マーク板FM1、FM2がウエハW1、W2とそれぞれほぼ同じ高さになるように設置されている。これらの基準マーク板FM1、FM2は、例えば各ウエハステージの基準位置を検出する際に用いられる。

【0071】また、ウエハステージWS1のX軸方向側の面（図1における左側面）20とY軸方向側の面（図1における紙面奥側の面）21とは、鏡面仕上げがなされた反射面となっており、同様に、ウエハステージWS2のX軸方向他側の面（図1における右側面）22とY軸方向の側の面23とは、鏡面仕上げがなされた反射面となっている。これらの反射面に、後述する干渉計システムを構成する各測長軸の干渉計ビームが投射され、その反射光を各干渉計で受光することにより、各反射面の基準位置（一般には投影光学系側面や、アライメント光学系の側面に固定ミラーを配置し、そこを基準面とする）からの変位を計測し、これにより、ウエハステージWS1、WS2の2次元位置がそれぞれ計測されるようになっている。なお、干渉計システムの測長軸の構成については、後に詳述する。

【0072】前記投影光学系PLとしては、ここでは、Z軸方向の共通の光軸を有する複数枚のレンズエレメントから成り、両側テレセントリックで所定の縮小倍率、例えば1/5を有する屈折光学系が使用されている。このため、ステップ・アンド・スキャン方式の走査露光時におけるウエハステージの走査方向の移動速度は、レチクルステージの移動速度の1/5となる。

【0073】この投影光学系PLのX軸方向の両側には、図1に示されるように、同じ機能を持ったオフアクシス（off-axis）方式のアライメント系24a、24bが、投影光学系PLの光軸中心（レチクルパターン像の投影中心と一致）よりそれぞれ同一距離だけ離れた位置に設置されている。これらのアライメント系24a、24bは、LSA（Laser Step Alignment）系、FIA（Filed Image Alignment）系、LIA（Laser Interferometric Alignment）系の3種類のアライメントセンサを有しており、基準マーク板上の基準マーク及びウエハ上のアライメントマークのX、Y2次元方向の位置計測を行なうことが可能である。

【0074】ここで、LSA系は、レーザ光をマークに照射して、回折・散乱された光を利用してマーク位置を計測する最も汎用性のあるセンサであり、従来から幅広いプロセスウエハに使用される。FIA系は、ハロゲンランプ等のブロードバンド（広帯域）光でマークを照明

し、このマーク画像を画像処理することによってマーク位置を計測するセンサであり、アルミ層やウエハ表面の非対称マークに有効に使用される。また、LIA系は、回折格子状のマークに周波数をわずかに変えたレーザ光を2方向から照射し、発生した2つの回折光を干渉させて、その位相からマークの位置情報を検出するセンサであり、低段差や表面荒れウエハに有効に使用される。

【0075】本実施形態では、これら3種類のアライメントセンサを、適宜目的に応じて使い分け、ウエハ上の3点の一次元マークの位置を検出してウエハの概略位置計測を行なういわゆるサーチアライメントや、ウエハ上の各ショット領域の正確な位置計測を行なうファインアライメント等を行なうようになっている。

【0076】この場合、アライメント系24aは、ウエハステージWS1上に保持されたウエハW1上のアライメントマーク及び基準マーク板FM1上に形成された基準マークの位置計測等に用いられる。また、アライメント系24bは、ウエハステージWS2上に保持されたウエハW2上のアライメントマーク及び基準マーク板FM2上に形成された基準マークの位置計測等に用いられる。

【0077】これらのアライメント系24a、24bを構成する各アライメントセンサからの情報は、アライメント制御装置80によりA/D変換され、デジタル化された波形信号を演算処理してマーク位置が検出される。この結果が主制御装置90に送られ、主制御装置90からその結果に応じてステージ制御装置に対し露光時の同期位置補正等が指示されるようになっている。

【0078】さらに、本実施形態の露光装置10では、図1では図示を省略したが、レチクルRの上方に、図5に示されるような、投影光学系PLを介してレチクルR上のレチクルマーク（図示省略）と基準マーク板FM1、FM2上のマークとを同時に観察するための露光波長を用いたTTR（Through The Reticule）アライメント光学系から成る一対のマーク位置検出手段としてのレチクルアライメント顕微鏡142、144が設けられている。これらのレチクルアライメント顕微鏡142、144の検出信号は、主制御装置90に供給されるようになっている。この場合、レチクルRからの検出光をそれぞれレチクルアライメント顕微鏡142及び144に導くための偏向ミラー146及び148が移動自在に配置され、露光シーケンスが開始されると、主制御装置90からの指令のもとで、不図示のミラー駆動装置によりそれぞれ偏向ミラー146及び148が待避される。なお、レチクルアライメント顕微鏡142、144と同等の構成は、例えば特開平7-176468号公報等に表示されているのでここでは詳細な説明については省略する。

【0079】また、図1では図示を省略したが、投影光学系PL、アライメント系24a、24bのそれぞれに

10

20

30

40

50

は、図4に示されるように、合焦位置を調べるためのオートフォーカス／オートレベリング計測機構（以下、「AF／AL系」という）130、132、134が設けられている。この内、AF／AL系132は、スキャン露光によりレチクルR上のパターンをウエハ（W1又はW2）上に正確に転写するには、レチクルR上のパターン形成面とウエハWの露光面とが投影光学系PLに関して共役になっている必要があることから、ウエハWの露光面が投影光学系PLの像面に焦点深度の範囲内で合致しているかどうか（合焦しているかどうか）を検出する10 ために、設けられているものである。本実施形態では、AF／AL系132として、いわゆる多点AF系が使用されている。

【0080】ここで、このAF／AL系132を構成する多点AF系の詳細構成について、図5及び図6に基づいて説明する。

【0081】このAF／AL系（多点AF系）132は、図5に示されるように、光ファイバ束150、集光レンズ152、パターン形成板154、レンズ156、ミラー158及び照射対物レンズ160から成る照射光学系151と、集光対物レンズ162、回転方向振動板164、結像レンズ166、受光器168から成る集光光学系161とから構成されている。20

【0082】ここで、このAF／AL系（多点AF系）132の上記構成各部についてその作用と共に説明する。

【0083】露光光ELとは異なるウエハW1（又はW2）上のフォトレジストを感光させない波長の照明光が、図示しない照明光源から光ファイバ束150を介して導かれ、この光ファイバ束150から射出された照明光が、集光レンズ152を経てパターン形成板154を照明する。このパターン形成板154を透過した照明光は、レンズ156、ミラー158及び照射対物レンズ160を経てウエハWの露光面に投影され、ウエハW1

（又はW2）の露光面に対してパターン形成板154上のパターンの像が光軸AXに対して斜めに投影結像される。ウエハW1で反射された照明光は、集光対物レンズ162、回転方向振動板164及び結像レンズ166を経て受光器168の受光面に投影され、受光器168の受光面にパターン形成板154上のパターンの像が再結像される。ここで、主制御装置90は、加振装置172を介して回転方向振動板164に所定の振動を与えると同時に、受光器168の多数（具体的には、パターン形成板154のスリットパターンと同数）の受光素子からの検出信号を信号処理装置170に供給する。また、信号処理装置170は、各検出信号を加振装置172の駆動信号で同期検波して得た多数のフォーカス信号をステージ制御装置38を介して主制御装置90へ供給する。

【0084】この場合、パターン形成板154には、図6に示されるように、例えば $5 \times 9 = 45$ 個の上下方向

のスリット状の開口パターン93-11～93-59が形成されており、これらのスリット状の開口パターンの像がウエハWの露光面上にX軸及びY軸に対して斜め（ $45^\circ$ ）に投影される。この結果、図4に示されるようなX軸及びY軸に対して $45^\circ$ に傾斜したマトリクス配置のスリット像が形成される。なお、図4における符号1Fは、照明系により照明されるレチクル上の照明領域と共役なウエハ上の照明フィールドを示す。この図4からも明らかなように、投影光学系PL下の照明フィールド1Fより2次元的に十分大きいエリアに検出用ビームが照射されている。

【0085】その他のAF／AL系130、134も、このAF／AL系132と同様に構成されている。すなわち、本実施形態では、露光時の焦点検出に用いられるAF／AL系132とほぼ同一の領域をアライメントマークの計測時に用いられるAF／AL機構130、134によっても検出ビームが照射可能な構成となっている。このため、アライメント系24a、24bによるアライメントセンサの計測時に、露光時と同様のAF／AL系の計測、制御によるオートフォーカス／オートレベリングを実行しつつアライメントマークの位置計測を行なうことにより、高精度なアライメント計測が可能になる。換言すれば、露光時とアライメント時との間で、ステージの姿勢によるオフセット（誤差）が発生しなくなる。

【0086】次に、レチクル駆動機構について、図1及び図2に基づいて説明する。

【0087】このレチクル駆動機構は、レチクルベース盤32上をレチクルRを保持してXYの2次元方向に移動可能なレチクルステージRSTと、このレチクルステージRSTを駆動する不図示のリニアモータと、このレチクルステージRSTの位置を管理するレチクル干涉計システムとを備えている。

【0088】これを更に詳述すると、レチクルステージRSTには、図2に示されるように、2枚のレチクルR1、R2がスキャン方向（Y軸方向）に直列に設置できる様になっており、このレチクルステージRSTは、不図示のエアーベアリング等を介してレチクルベース盤32上に浮上支持され、不図示のリニアモータ等から成る駆動機構30（図1参照）によりX軸方向の微小駆動、 $\theta$ 方向の微小回転及びY軸方向の走査駆動がなされるようになっている。なお、駆動機構30は、前述したステージ装置と同様のリニアモータを駆動源とする機構であるが、図1では図示の便宜上及び説明の便宜上から単なるブロックとして示しているものである。このため、レチクルステージRST上のレチクルR1、R2が例えば二重露光の際に選択的に使用され、いずれのレチクルについてもウエハ側と同期スキャンできる様な構成となっている。

【0089】このレチクルステージRST上には、X軸

10

20

30

40

50

方向の側の端部に、レチクルステージRSTと同じ素材（例えばセラミック等）から成る平行平板移動鏡34がY軸方向に延設されており、この移動鏡34のX軸方向の側の面には鏡面加工により反射面が形成されている。この移動鏡34の反射面に向けて図1の干渉計システム36を構成する測長軸BI6Xで示される干渉計からの干渉計ビームが照射され、干渉計ではその反射光を受光してウエハステージ側と同様にして基準面に対する相対変位を計測することにより、レチクルステージRSTの位置を計測している。ここで、この測長軸BI6Xを有する干渉計は、実際には独立に計測可能な2本の干渉計光軸を有しており、レチクルステージのX軸方向の位置計測と、ヨイーグ量の計測が可能となっている。この測長軸BI6Xを有する干渉計は、後述するウエハステージ側の測長軸BI1X、BI2Xを有する干渉計16、18からのウエハステージWS1、WS2のヨイーグ情報やX位置情報に基づいてレチクルとウエハの相対回転（回転誤差）をキャンセルする方向にレチクルステージRSTを回転制御したり、X方向同期制御を行なうために用いられる。

【0090】一方、レチクルステージRSTの走査方向（スキャン方向）であるY軸方向の他側（図1における紙面手前側）には、一対のコーナーキューブミラー35、37が設置されている。そして、不図示の一対のダブルパス干渉計から、これらのコーナーキューブミラー35、37に対して図2に測長軸BI7Y、BI8Yで示される干渉計ビームが照射され、レチクルベース盤32上の反射面にコーナーキューブミラー35、37より戻され、そこで反射したそれぞれの反射光が同一光路を戻り、それぞれのダブルパス干渉計で受光され、それぞれのコーナーキューブミラー35、37の基準位置（レ

フレンス位置で前記レチクルベース盤32上の反射面）からの相対変位が計測される。そして、これらのダブルパス干渉計の計測値が図1のステージ制御装置38に供給され、その平均値に基づいてレチクルステージRSTのY軸方向の位置が計測される。このY軸方向位置の情報は、ウエハ側の測長軸BI3Yを有する干渉計の計測値に基づくレチクルステージRSTとウエハステージWS1又はWS2との相対位置の算出、及びこれに基づく走査露光時の走査方向（Y軸方向）のレチクルとウエハの同期制御に用いられる。

【0091】一方、レチクルステージRSTの走査方向（スキャン方向）であるY軸方向の他側（図1における紙面手前側）には、一対のコーナーキューブミラー35、37が設置されている。そして、不図示の一対のダブルパス干渉計から、これらのコーナーキューブミラー35、37に対して図2に測長軸BI7Y、BI8Yで示される干渉計ビームが照射され、レチクルベース盤32上の反射面にコーナーキューブミラー35、37より戻され、そこで反射したそれぞれの反射光が同一光路を

戻りそれぞれのダブルパス干渉計で受光され、それぞれのコーナーキューブミラー35、37の基準位置（レフレンス位置で前記レチクルベース盤32上の反射面）からの相対変位が計測される。そして、これらのダブルパス干渉計の計測値が図1のステージ制御装置38に供給され、その平均値に基づいてレチクルステージRSTのY軸方向の位置が計測される。このY軸方向位置の情報は、ウエハ側の測長軸BI3Yを有する干渉計の計測値に基づくレチクルステージRSTとウエハステージWS1又はWS2との相対位置の算出、及びこれに基づく走査露光時の走査方向（Y軸方向）のレチクルとウエハの同期制御に用いられる。

【0092】すなわち、本実施形態では、干渉計36及び測長軸BI7Y、BI8Yで示される一対のダブルパス干渉計によってレチクル干渉計システムが構成されている。

【0093】次に、ウエハステージWST1、WST2の位置を管理する干渉計システムについて、図1ないし図3を参照しつつ説明する。

【0094】これらの図に示されるように、投影光学系PLの投影中心とアライメント系24a、24bのそれぞれの検出中心とを通る第1軸（X軸）に沿ってウエハステージWS1のX軸方向側の面には、図1の干渉計16からの第1測長軸BI1Xで示される干渉計ビームが照射され、同様に、第1軸に沿ってウエハステージWS2のX軸方向の他側の面には、図1の干渉計18からの第2測長軸BI2Xで示される干渉計ビームが照射されている。そして、干渉計16、18ではこれらの反射光を受光することにより、各反射面の基準位置からの相対変位を計測し、ウエハステージWS1、WS2のX軸方向位置を計測するようになっている。ここで、干渉計16、18は、図2に示されるように、各3本の光軸を有する3軸干渉計であり、ウエハステージWS1、WS2のX軸方向の計測以外に、チルト計測及びθ計測が可能となっている。各光軸の出力値は独立に計測できる様になっている。ここで、ウエハステージWS1、WS2のθ回転を行なう不図示のθステージ及びZ軸方向の微小駆動及び傾斜駆動を行なう不図示のZ・レベリングステージは、実際には、反射面の下にあるので、ウエハステージのチルト制御時の駆動量は全て、これらの干渉計16、18によりモニターする事ができる。

【0095】なお、第1測長軸BI1X、第2測長軸BI2Xの各干渉計ビームは、ウエハステージWS1、WS2の移動範囲の全域で常にウエハステージWS1、WS2に当たるようになっており、従って、X軸方向については、投影光学系PLを用いた露光時、アライメント系24a、24bの使用時等いずれのときにもウエハステージWS1、WS2の位置は、第1測長軸BI1X、第2測長軸BI2Xの計測値に基づいて管理される。

【0096】また、図2及び図3に示されるように、投

影光学系 P L の投影中心で第 1 軸 (X 軸) と垂直に交差する第 3 測長軸 B I 3 Y を有する干渉計と、アライメント系 2 4 a、2 4 b のそれぞれの検出中心で第 1 軸 (X 軸) とそれぞれ垂直に交差する第 4 測長軸としての測長軸 B I 4 Y、B I 5 Y をそれぞれ有する干渉計とが設けられている (但し、図中では測長軸のみが図示されている)。

【0097】本実施形態の場合、投影光学系 P L を用いた露光時のウエハステージ W S 1、W S 2 の Y 方向位置計測には、投影光学系の投影中心、すなわち光軸 A X を通過する測長軸 B I 3 Y の干渉計の計測値が用いられ、アライメント系 2 4 a の使用時のウエハステージ W S 1 の Y 方向位置計測には、アライメント系 2 4 a の検出中心、すなわち光軸 S X を通過する測長軸 B I 4 Y の計測値が用いられ、アライメント系 2 4 b 使用時のウエハステージ W S 2 の Y 方向位置計測には、アライメント系 2 4 b の検出中心、すなわち光軸 S X を通過する測長軸 B I 5 Y の計測値が用いられる。

【0098】従って、各使用条件により、Y 軸方向の干渉計測長軸がウエハステージ W S 1、W S 2 の反射面より外れる事となるが、少なくとも一つの測長軸、すなわち測長軸 B I 1 X、B I 2 X はそれぞれのウエハステージ W S 1、W S 2 の反射面から外れることがないので、使用する干渉計光軸が反射面上に入った適宜な位置で Y 側の干渉計のリセットを行なうことができる。この干渉計のリセット方法については、後に詳述する。

【0099】なお、上記 Y 計測用の測長軸 B I 3 Y、B I 4 Y、B I 5 Y の各干渉計は、各 2 本の光軸を有する 2 軸干渉計であり、ウエハステージ W S 1、W S 2 の Y 軸方向の計測以外に、チルト計測が可能となっている。

各光軸の出力値は独立に計測できるようにになっている

【0100】本実施形態では、干渉計 1 6、1 8 及び測長軸 B I 3 Y、B I 4 Y、B I 5 Y を有する 3 つの干渉計の合計 5 つの干渉計によって、ウエハステージ W S 1、W S 2 の 2 次元座標位置を管理する干渉計システムが構成されている。

【0101】また、本実施形態では、後述するように、ウエハステージ W S 1、W S 2 の内的一方が露光シーケンスを実行している間、他方はウエハ交換、ウエハアライメントシーケンスを実行するが、この際に両ステージの干渉がないように、各干渉計の出力値に基づいて主制御装置 9 0 の指令に応じてステージ制御装置 3 8 により、ウエハステージ W S 1、W S 2 の移動が管理されている。

【0102】次に、照明系について、図 1 に基づいて説明する。この照明系は、図 1 に示されるように、露光光源 4 0、シャッタ 4 2、ミラー 4 4、ビームエキスパンダ 4 6、4 8、第 1 フライアイレンズ 5 0、レンズ 5 2、振動ミラー 5 4、レンズ 5 6、第 2 フライアイレンズ 5 8、レンズ 6 0、固定ブラインド 6 2、可動ブラ

インド 6 4、リレーレンズ 6 6、6 8 等から構成されている。

【0103】ここで、この照明系の上記構成各部についてその作用とともに説明する。

【0104】光源である K r F エキシマレーザと減光システム (減光板、開口絞り等) よりなる光源部 4 0 から射出されたレーザ光は、シャッタ 4 2 を透過した後、ミラー 4 4 により偏向されて、ビームエキスパンダ 4 6、4 8 により適当なビーム径に整形され、第 1 フライアイレンズ 5 0 に入射される。この第 1 フライアイレンズ 5 0 に入射された光束は、2 次元的に配列されたフライアイレンズのエLEMENTにより複数の光束に分割され、レンズ 5 2、振動ミラー 5 4、レンズ 5 6 により再び各光束が異なった角度より第 2 フライアイレンズ 5 8 に入射される。この第 2 フライアイレンズ 5 8 より射出された光束は、レンズ 6 0 により、レチクル R と共役な位置に設置された固定ブラインド 6 2 に達し、ここで所定形状にその断面形状が規定された後、レチクル R の共役面から僅かにデフォーカスされた位置に配置された可動ブラインド 6 4 を通過し、リレーレンズ 6 6、6 8 を経て均一な照明光として、レチクル R 上の上記固定ブラインド 6 2 によって規定された所定形状、ここでは矩形スリット状の照明領域 I A (図 2 参照) を照明する。

【0105】次に、制御系について図 1 に基づいて説明する。この制御系は、装置全体を統括的に制御する制御手段としての主制御装置 9 0 を中心に、この主制御装置 9 0 の配下にある露光量制御装置 7 0 及びステージ制御装置 3 8 等から構成されている。

【0106】ここで、制御系の上記構成各部の動作を中心に本実施形態に係る投影露光装置 1 0 の露光時の動作について説明する。

【0107】露光量制御装置 7 0 は、レチクル R とウエハ (W 1 又は W 2) との同期走査が開始されるのに先立って、シャッタ駆動装置 7 2 に指示してシャッタ駆動部 7 4 を駆動させてシャッタ 4 2 をオープンする。

【0108】この後、ステージ制御装置 3 8 により、主制御装置 9 0 の指示に応じてレチクル R とウエハ (W 1 又は W 2)、すなわちレチクルステージ R S T とウエハステージ (W S 1 又は W S 2) の同期走査 (スキャン制御) が開始される。この同期走査は、前述した干渉計システムの測長軸 B I 3 Y と測長軸 B I 1 X 又は B I 2 X 及びレチクル干渉計システムの測長軸 B I 7 Y、B I 8 Y と測長軸 B I 6 X の計測値をモニタしつつ、ステージ制御装置 3 8 によってレチクル駆動部 3 0 及びウエハステージの駆動系を構成する各リニアモータを制御することにより行なわれる。

【0109】そして、両ステージが所定の許容誤差以内に等速度制御された時点で、露光量制御装置 7 0 では、レーザ制御装置 7 6 に指示してパルス発光を開始させる。これにより、照明系からの照明光により、その下面



にパターンがクロム蒸着されたレチクルRの前記矩形の照明領域1Aが照明され、その照明領域内のパターンの像が投影光学系PLにより1/5倍に縮小され、その表面にフォトリソが塗布されたウエハ(W1又はW2)上に投影露光される。ここで、図2からも明らかなように、レチクル上のパターン領域に比べ照明領域1Aの走査方向のスリット幅は狭く、上記のようにレチクルRとウエハ(W1又はW2)とを同期走査することで、パターンの全面の像がウエハ上のショット領域に順次形成される。

【0110】ここで、前述したパルス発光の開始と同時に、露光量制御装置70は、ミラー駆動装置78に指示して振動ミラー54を駆動させ、レチクルR上のパターン領域が完全に照明領域1A(図2参照)を通過するまで、すなわちパターンの全面の像がウエハ上のショット領域に形成されるまで、連続してこの制御を行なうことで2つのフライアイレンズ50、58で発生する干涉縞のムラ低減を行なう。

【0111】また、上記の走査露光中にショットエッジ部でのレチクル上の遮光領域よりも外に照明光が漏れないように、レチクルRとウエハWのスキャンと同期して可動ブラインド64がブラインド制御装置39によって駆動制御されており、これらの一連の同期動作がステージ制御装置38により管理されている。

【0112】ところで、上述したレーザ制御装置76によるパルス発光は、ウエハW1、W2上の任意の点が照明フィールド幅(w)を通過する間にn回(nは正の整数)発光する必要があるため、発振周波数をfとし、ウエハスキャン速度をVとすると、次式(2)を満たす必要がある。

$$f/n = V/w \quad \text{..... (2)}$$

また、ウエハ上に照射される1パルスの照射エネルギーをPとし、レジスト感度をEとすると、次式(3)を満たす必要がある。

$$nP = E \quad \text{..... (3)}$$

このように、露光量制御装置70は、照射エネルギーPや発振周波数fの可変量について全て演算を行ない、レーザ制御装置76に対して指令を出して露光光源40内に設けられた減光システムを制御することによって照射エネルギーPや発振周波数fを可変させたり、シャッタ駆動装置72やミラー駆動装置78を制御するように構成されている。

【0115】さらに、主制御装置90では、例えば、スキャン露光時に同期走査を行なうレチクルステージとウエハステージの移動開始位置(同期位置)を補正する場合、各ステージを移動制御するステージ制御装置38に対して補正量に応じたステージ位置の補正を指示する。

【0116】更に、本実施形態の投影露光装置では、ウエハステージWS1との間でウエハの交換を行なう第1の搬送システムと、ウエハステージWS2との間でウエ

ハ交換を行なう第2の搬送システムとが設けられている。

【0117】第1の搬送システムは、図7に示されるように、左側のウエハローディング位置にあるウエハステージWS1との間で後述するようにしてウエハ交換を行なう。この第1の搬送システムは、Y軸方向に延びる第1のローディングガイド182、このローディングガイド182に沿って移動する第1のスライダ186及び第2のスライダ190、第1のスライダ186に取り付けられた第1のアンロードアーム184、第2のスライダ190に取り付けられた第1のロードアーム188等を含んで構成される第1のウエハローダと、ウエハステージWS1上に設けられた3本の上下動部材から成る第1のセンターアップ180とから構成される。

【0118】ここで、この第1の搬送システムによるウエハ交換の動作について、簡単に説明する。

【0119】ここでは、図7に示されるように、左側のウエハローディング位置にあるウエハステージWS1上にあるウエハW1'と第1のウエハローダにより搬送されてきたウエハW1とが交換される場合について説明する。

【0120】まず、主制御装置90では、ウエハステージWS1上の不図示のウエハホルダのパキュムを不図示のスイッチを介してオフし、ウエハW1'の吸着を解除する。

【0121】次に、主制御装置90では、不図示のセンターアップ駆動系を介してセンターアップ180を所定量上昇駆動する。これにより、ウエハW1'が所定位置まで持ち上げられる。この状態で、主制御装置90では、不図示のウエハローダ制御装置に第1のアンロードアーム184の移動を支持する。これにより、ウエハローダ制御装置により第1のスライダ186が駆動制御され、第1のアンロードアーム184がローディングガイド182に沿ってウエハステージWS1上まで移動してウエハW1'の真下に位置する。

【0122】この状態で、主制御装置90では、センターアップ180を所定位置まで下降駆動させる。このセンターアップ180の下降の途中で、ウエハW1'が第1のアンロードアーム184に受け渡されるので、主制御装置90ではウエハローダ制御装置に第1のアンロードアーム184のパキュム開始を指示する。これにより、第1のアンロードアーム184にウエハW1'が吸着保持される。

【0123】次に、主制御装置90では、ウエハローダ制御装置に第1のアンロードアーム184の退避と第1のロードアーム188の移動開始を指示する。これにより、第1のスライダ186と一体的に第1のアンロードアーム184が図7の-Y方向に移動を開始すると同時に第2のスライダ190がウエハW1を保持した第1のロードアーム188と一体的に+Y方向に移動を開始す

10

20

30

40

50



る。そして、第1のロードアーム188がウエハステージWS1の上方に来たとき、ウエハローダ制御装置により第2のスライダ190が停止されるとともに第1のロードアーム188のパキュムが解除される。

【0124】この状態で、主制御装置90ではセンターアップ180を上昇駆動し、センターアップ180によりウエハW1を下方から持ち上げさせる。次いで、主制御装置90ではウエハローダ制御装置にロードアームの退避を指示する。これにより、第2のスライダ190が第1のロードアーム188と一体的に-Y方向に移動を開始して第1のロードアーム188の退避が行なわれる。この第1のロードアーム188の退避開始と同時に主制御装置90では、センターアップ180の下降駆動を開始してウエハW1をウエハステージWS1上の不図示のウエハホルダに載置させ、当該ウエハホルダのパキュムをオンにする。これにより、ウエハ交換の一連のシーケンスが終了する。

【0125】第2の搬送システムは、同様に、図8に示されるように、右側のウエハローディング位置にあるウエハステージWS2との間で上述と同様にしてウエハ交換を行なう。この第2の搬送システムは、Y軸方向に延びる第2のローディングガイド192、この第2のローディングガイド192に沿って移動する第3のスライダ196及び第4のスライダ200、第3のスライダ196に取り付けられた第2のアンロードアーム194、第4のスライダ200に取り付けられた第2のロードアーム198等を含んで構成される第2のウエハローダと、ウエハステージWS2上に設けられた不図示の第2のセンターアップとから構成される。

【0126】次に、図7及び図8に基づいて、本実施形態の特徴である2つのウエハステージによる並行処理について説明する。

【0127】図7には、ウエハステージWS2上のウエハW2を投影光学系PLを介して露光動作を行なっている間に、左側ローディング位置にて上述の様にウエハステージWS1と第1の搬送システムとの間でウエハの交換が行なわれている状態の平面図が示されている。この場合、ウエハステージWS1上では、ウエハ交換に引き続いて後述するようにしてアライメント動作が行なわれる。なお、図7において、露光動作中のウエハステージWS2の位置制御は、干渉計システムの測長軸B12X、B13Yの計測値に基づいて行なわれ、ウエハ交換とアライメント動作が行なわれるウエハステージWS1の位置制御は、干渉計システムの測長軸B11X、B14Yの計測値に基づいて行なわれる。

【0128】この図7に示される左側のローディング位置ではアライメント系24aの真下にウエハステージWS1の基準マーク板FM1上の基準マークが来るような配置となっている(図9(A)参照)。このため、主制御装置90では、アライメント系24aにより基準マ

ーク板FM1上の基準マークMK2を検出する以前に、干渉計システムの測長軸B14Yの干渉計のリセットを実行している。

【0129】図9(B)には、基準マークMK2の形状の一例及びそれをアライメント系24aのFIA系センサで検出する画像取り込みの様子が示されている。この図9(B)において、符号SxはCCDの画像取り込み範囲を示し、符号Mで示される十字状マークは、FIA系センサ内の指標である。ここでは、X軸方向の画像取り込み範囲のみが示されているが、実際にはY軸方向についても同様の画像取り込みが行われることは勿論である。

【0130】図9(C)には、図9(B)のマークMK2の画像をFIA系のセンサで取り込んだ際にアライメント制御装置80内の画像処理系にて得られた波形信号が示されている。アライメント制御装置80ではこの波形信号を解析することで指標中心を基準とするマークMK2の位置を検出し、主制御装置90では、前記マークMK2の位置と測長軸B11X、B14Yの干渉計の計測結果とに基づいて測長軸B11XとB14Yを用いた座標系(以下、適宜「第1のステージ座標系」という)における基準マーク板FM1上のマークMK2の座標位置を算出する。

【0131】上述したウエハ交換、干渉計のリセットに引き続いて、サーチアライメントが行なわれる。そのウエハ交換後に行なわれるサーチアライメントとは、ウエハW1の搬送中になされるプリアライメントだけでは位置誤差が大きいため、ウエハステージWS1上で再度行なわれるプリアライメントのことである。具体的には、ステージWS1上に載置されたウエハW1上に形成された3つのサーチアライメントマーク(図示せず)の位置をアライメント系24aのLSA系のセンサ等を用いて計測し、その計測結果に基づいてウエハW1のX、Y、θ方向の位置合わせを行なう。このサーチアライメントの際の各部の動作は、主制御装置90により制御される。

【0132】このサーチアライメントの終了後、ウエハW1上の各ショット領域の配列をここではEGAを使って求めるファインアライメントが行なわれる。具体的には、干渉計システム(測長軸B11X、B14Y)により、ウエハステージWS1の位置を管理しつつ、設計上のショット配列データ(アライメントマーク位置データ)をもとに、ウエハステージWS1を順次移動させつつ、ウエハW1上の所定のサンプルショットのアライメントマーク位置をアライメント系24aのFIA系のセンサ等で計測し、この計測結果とショット配列の設計座標データに基づいて最小自乗法による統計演算により、全てのショット配列データを演算する。これにより、上記の第1ステージ座標系上で各ショットの座標位置が算出される。なお、このEGAの際の各部の動作は主制御

装置90により制御され、上記の演算は主制御装置90により行なわれる。

【0133】そして、主制御装置90では、各ショットの座標位置から前述した基準マークMK2の座標位置を減算することで、マークMK2に対する各ショットの相対位置関係を算出する。

【0134】本実施形態の場合、前述したように、アライメント系24aによる計測時に、露光時と同じAF/AL系132(図4参照)の計測、制御によるオートフォーカス/オートレベリングを実行しつつアライメントマークの位置計測が行なわれ、アライメント時と露光時との間にステージの姿勢によるオフセット(誤差)を生じさせないようにすることができる。

【0135】ウエハステージWS1側で、上記のウエハ交換、アライメント動作が行なわれている間に、ウエハステージWS2側では、図12に示されるような2枚のレチクルR1、R2を使い、露光条件を変えながら連続してステップ・アンド・スキャン方式により二重露光が行なわれる。

【0136】具体的には、前述したウエハW1側と同様にして事前にマークMK2に対する各ショットの相対位置関係の算出が行われており、この結果と、レチクルアライメント顕微鏡144、142による基準マーク板FM1上マークMK1、MK3とそれに対応するレチクル上マークRMK1、RMK3のウエハ面上投影像の相対位置検出(これについては後に詳述する)の結果とに基づいて、ウエハW2上のショット領域を投影光学系PLの光軸下方に順次位置決めしつつ、各ショット領域の露光の都度、レチクルステージRSTとウエハステージWS2とを走査方向に同期走査させることにより、スキャン露光が行なわれる。

【0137】このようなウエハW2上の全ショット領域に対する露光がレチクル交換後にも連続して行なわれる。具体的な二重露光の露光順序としては、図13

(A)に示されるように、ウエハW1の各ショット領域をレチクルR2(Aパターン)を使ってA1~A12まで順次スキャン露光を行なった後、駆動系30を用いてレチクルステージRSTを走査方向に所定量移動してレチクルR1(Bパターン)を露光位置に設定した後、図13(B)に示されるB1~B12の順序でスキャン露光を行なう。この時、レチクルR2とレチクルR1では露光条件(AF/AL、露光量)や透過率が異なるので、レチクルアライメント時にそれぞれの条件を計測し、その結果に応じて条件の変更を行なう必要がある。

【0138】このウエハW2の二重露光中の各部の動作も主制御装置90によって制御される。

【0139】上述した図7に示す2つのウエハステージWS1、WS2上で並行して行なわれる露光シーケンスとウエハ交換・アライメントシーケンスとは、先に終了したウエハステージの方が待ち状態となり、両方の動作

が終了した時点で図8に示す位置までウエハステージWS1、WS2が移動制御される。そして、露光シーケンスが終了したウエハステージWS2上のウエハW2は、右側ローディングポジションでウエハ交換がなされ、アライメントシーケンスが終了したウエハステージWS1上のウエハW1は、投影光学系PLの下で露光シーケンスが行なわれる。

【0140】図8に示される右側ローディングポジションでは、左側ローディングポジションと同様にアライメント系24bの下に基準マーク板FM2上の基準マークMK2が位置づけられるようになっており、前述のウエハ交換動作とアライメントシーケンスとが実行される事となる。勿論、干渉計システムの測長軸BI5Yを有する干渉計のリセット動作は、アライメント系24bによる基準マーク板FM2上のマークMK2の検出に先立って実行されている。

【0141】次に、図7の状態から図8の状態へ移行する際の、主制御装置90による干渉計のリセット動作について説明する。

【0142】ウエハステージWS1は、左側ローディングポジションでアライメントを行なった後に、図8に示される投影光学系PLの光軸AX中心(投影中心)の真下に基準マーク板FM1上の基準マークが来る位置(図10(A)参照)まで移動されるが、この移動の途中で測長軸BI4Yの干渉計ビームが、ウエハステージWS1の反射面21に入射されなくなるので、アライメント終了後直ちに図8の位置までウエハステージWS1を移動させることは困難である。このため、本実施形態では、次のような工夫をしている。

【0143】すなわち、先に説明したように、本実施形態では左側ローディングポジションにウエハステージWS1がある場合に、アライメント系24aの真下に基準マーク板FM1が来るように設定されており、この位置で測長軸BI4Yの干渉計がリセットされているので、この位置までウエハステージWS1を一旦戻し、その位置から予めわかっているアライメント系24aの検出中心と投影光学系PLの光軸中心(投影中心)との距離(便宜上BLとする)にもとづいて、干渉計ビームの切れることのない測長軸BI1Xの干渉計16の計測値をモニタしつつ、ウエハステージWS1を距離BLだけX軸方向右側に移動させる。これにより、図8に示される位置までウエハステージWS1が移動されることになる。

【0144】そして、主制御装置90では、図10(A)に示されるように、レチクルアライメント顕微鏡144、142により露光光を用いて基準マーク板FM1上マークMK1、MK3とそれに対応するレチクル上マークRMK1、RMK3のウエハ面上投影像の相対位置検出を行なう。

【0145】図10(B)にはレチクルR上のマークR

MK (RMK 1、RMK 2) のウエハ面上投影像が示され、図 (C) には基準マーク板上のマーク MK (MK 1、MK 3) が示されている。また、図 10 (D) には図 10 (A) の状態で、レチクルアライメント顕微鏡 144、142 にレチクル R 上のマーク RMK (RMK 1、RMK 2) のウエハ面上投影像と基準マーク板上のマーク MK (MK 1、MK 3) を同時に検出する画像取り込みの様子が示されている。この図 10 (D) において、符号 SRx はレチクルアライメント顕微鏡を構成する CCD の画像取り込み範囲を示す。図 10 (E) には、上記で取り込まれた画像が不図示の画像処理系で処理され得られた波形信号が示されている。

【0146】主制御装置 90 ではこの波形信号波形の取り込みをするのに先立って、測長軸 B13Y の干渉計をリセットする。リセット動作は、次に使用する測長軸がウエハステージ側面を照射できるようになった時点で実行することができる。

【0147】これにより、測長軸 B11X、B13Y を用いた座標系 (第 2 のステージ座標系) における基準マーク板 FM1 上のマーク MK 1、MK 3 の座標位置と、レチクル R 上マーク RMK のウエハ面上投影像座標位置が検出されることとなり、両者の差により露光位置 (投影光学系 PL の投影中心) と基準マーク板 FM1 上マーク MK 1、MK 3 座標位置の相対位置関係が求められる。

【0148】そして、主制御装置 90 では、先に求めた基準板 FM1 上マーク MK 2 に対する各ショットの相対位置関係と、露光位置と基準板 FM1 上マーク MK 1、MK 3 座標位置の相対関係より、最終的に露光位置と各ショットの相対位置関係を算出する。その結果に応じて、図 11 に示されるように、ウエハ W1 上の各ショットの露光が行なわれることとなる。

【0149】上述のように、干渉計のリセット動作を行っても高精度アライメントが可能な理由は、アライメント系 24a により基準マーク板 FM1 上の基準マークを計測した後、ウエハ W1 上の各ショット領域のアライメントマークを計測することにより、基準マークと、ウエハマークの計測により算出された仮想位置との間隔を同一のセンサにより算出しているためである。この時点で基準マークと露光すべき位置の相対位置関係 (相対距離) が求められていることから、露光前にレチクルアライメント顕微鏡 142、144 により露光位置と基準マーク位置との対応がとれていれば、その値に前記相対距離を加えることにより、Y 軸方向の干渉計の干渉計ビームがウエハステージの移動中に切れて再度リセットを行なったとしても高精度な露光動作を行なうことができるからである。

【0150】なお、基準マーク MK 1～MK 3 は常に同じ基準板上にあるので、描画誤差を予め求めておけばオフセット管理のみで変動要因は無い。また、RMK 1、

RMK 2 もレチクル描画誤差によるオフセットを持つ可能性があるが、例えば特開平 5-67271 号公報に開示されるように、レチクルアライメント時に複数マークを用いて描画誤差の軽減を行なうか、レチクルマーク描画誤差を予め計測しておけば、同様にオフセット管理のみで対応できる。

【0151】また、アライメント終了位置から図 8 の位置にウエハステージ WS1 が移動する間に、測長軸 B14Y が切れないような場合には、測長軸 B11X、B14Y の計測値をモニタしつつ、アライメント終了後に直ちに、図 8 の位置までウエハステージ WS1 を直線的に移動させてもよいことは勿論である。この場合、ウエハステージ WS1 の Y 軸と直交する反射面 21 に投影光学系 PL の光軸 AX を通る測長軸 B13Y がかった時点以後、レチクルアライメント顕微鏡 144、142 による基準マーク板 FM1 上マーク MK 1、MK 3 とそれに対応するレチクル上マーク RMK 1、RMK 3 のウエハ面上投影像の相対位置検出より以前のいずれの時点で干渉計のリセット動作を行なうようにしても良い。

【0152】上記と同様にして、露光終了位置からウエハステージ WS2 を図 8 に示される右側のローディングポジションまで移動させ、測長軸 B15Y の干渉計のリセット動作を行なえば良い。

【0153】また、図 14 には、ウエハステージ WS1 上に保持されるウエハ W1 上の各ショット領域を順次露光する露光シーケンスのタイミングの一例が示されており、図 15 には、これと並列的に行なわれるウエハステージ WS2 上に保持されるウエハ W2 上のアライメントシーケンスのタイミングが示されている。本実施形態では、2 つのウエハステージ WS1、WS2 を独立して 2 次元方向に移動させながら、各ウエハステージ上のウエハ W1、W2 に対して露光シーケンスとウエハ交換・アライメントシーケンスとを並行して行なうことにより、スループットの向上を図っている。

【0154】ところが、2 つのウエハステージを使って 2 つの動作を同時並行処理する場合は、一方のウエハステージ上で行なわれる動作が外乱要因として、他方のウエハステージで行なわれる動作に影響を与える場合がある。また、逆に、一方のウエハステージ上で行なわれる動作が他方のウエハステージで行なわれる動作に影響を与えない動作もある。そこで、本実施形態では、並行処理する動作の内、外乱要因となる動作とならない動作とに分けて、外乱要因となる動作同士、あるいは外乱要因とならない動作同士が同時に行なわれるように、各動作のタイミング調整が図られる。

【0155】例えば、スキャン露光中は、ウエハ W1 とレチクル R とを等速で同期走査させることから外乱要因とならない上、他からの外乱要因を極力排除する必要がある。このため、一方のウエハステージ WS1 上でのスキャン露光中は、他方のウエハステージ WS2 上のウエ

10

20

30

40

50

ハW2で行なわれるアライメントシーケンスにおいて静止状態となるようにタイミング調整がなされる。すなわち、アライメントシーケンスにおけるマーク計測は、ウエハステージWS2をマーク位置で静止させた状態で行なわれるため、スキャン露光にとって外乱要因とならず、スキャン露光中に並行してマーク計測を行なうことができる。これを図14及び図15で見ると、図15においてウエハW1に対し動作番号「1、3、5、7、9、11、13、15、17、19、21、23」で示されるスキャン露光と、図16においてウエハW2に対し動作番号「1、3、5、7、9、11、13、15、17、19、21、23」で示される各アライメントマーク位置におけるマーク計測動作が相互に同期して行なわれていることがわかる。一方、アライメントシーケンスにおいても、スキャン露光中は、等速運動なので外乱とはならず高精度計測が行なえることになる。

【0156】また、ウエハ交換時においても同様のことが考えられる。特に、ロードアームからウエハをセンターアップに受け渡す際に生じる振動等は、外乱要因となり得るため、スキャン露光前、あるいは、同期走査が等速度で行なわれるようになる前後の加減速時（外乱要因となる）に合わせてウエハの受け渡しをするようにしても良い。

【0157】上述したタイミング調整は、主制御装置90によって行なわれる。

【0158】以上説明したように、本実施形態の投影露光装置10によると、2枚のウエハをそれぞれ独立に保持する2つのウエハステージWS1、WS2を具備し、これら2つのウエハステージをXYZ方向に独立に移動させて、一方のウエハステージでウエハ交換とアライメント動作を実行する間に、他方のウエハステージで露光動作を実行する事とし、両方の動作が終了した時点でお互いの動作を切り換えるようにしたことから、スループットを大幅に向上させることが可能になる。

【0159】また、上記の動作を切り換える際に、切り換え後の動作で使用される測長軸の干涉計をリセットすると同時にウエハステージ上に配置された基準マーク板の計測シーケンスをも行なうようにしたことから、干涉計システムの測長軸がウエハステージの反射面（移動鏡を別に設ける場合は、該移動鏡）から外れても特に不都合がなく、ウエハステージの反射面（移動鏡を別に設ける場合は移動鏡）を短くする事が可能となるので、ウエハステージの小型化を容易に実現でき、具体的にはウエハステージの一辺の長さをウエハ直径より僅かに大きい程度の大きさにまで小型化することができ、これにより独立に可動できる2つのウエハステージを装置に容易に組み込む事が可能となるのに加え、各ウエハステージの位置決め性能を向上させることが可能になる。

【0160】さらに、露光動作の行われる方のウエハステージについては、測長用干涉計リセットと同時に投影

光学系PLを介したレチクルアライメント顕微鏡142、144（露光アライメントセンサ）により基準マーク板上のマーク計測を行い、ウエハ交換・アライメント動作の行われる方のウエハステージについては測長用干涉計リセットと同時にアライメント系24a又は24b（オフアクシスアライメントセンサ）により基準マーク板上のマーク計測を行う事としたことから、各アライメント系によるアライメント、投影光学系による露光の際もウエハステージの位置を管理する干涉計測長軸を切り換える事が可能となる。この場合において、①基準マーク板上マークの計測をアライメント系24a又は24bにて行なう際に、該マークの座標位置を第1のステージ座標系上で計測し、②その後にウエハ上のサンプルショットのアライメントマークを検出してEGA演算により各ショットの配列座標（露光用座標位置）を第1のステージ座標系上で求め、③上記①と②の結果から基準マーク板上マークと各ショットの露光用座標位置との相対位置関係を求め、④露光前にレチクルアライメント顕微鏡142、144により投影光学系PLを介して基準マーク板上のマークとレチクル投影座標位置との相対位置関係を第2のステージ座標系上で検出し、⑤上記③と④を用いて各ショットの露光を行なうこととしたので、ウエハステージの位置を管理する干涉計測長軸を切り換えても高精度で露光を行なうことができる。この結果、従来の様な投影光学系の投影中心とアライメント系の検出中心との間隔を計測するベースライン計測を行なうことなく、ウエハの位置合わせが可能となり、特開平7-176468号公報に記載されるような大きな基準マーク板の搭載も不要となる。

【0161】また、上記実施形態によると、投影光学系PLを挟んでマーク検出を行なう少なくとも2つのアライメント系を具備しているため、2つのウエハステージを交互にずらすことにより、各アライメント系を交互に使って行なわれるアライメント動作と露光動作とを並行処理することが可能になる。

【0162】その上、上記実施形態によると、ウエハ交換を行なうウエハローダがアライメント系の近辺、特に、各アライメント位置で行なえるように配置されているため、ウエハ交換からアライメントシーケンスへの移行が円滑に行なわれ、より高いスループットを得ることができる。

【0163】さらに、上記実施形態によると、上述したような高スループットが得られるため、オフアクシスのアライメント系を投影光学系PLより大きく離して設置したとしてもスループットの劣化の影響が殆どなくなる。このため、直筒型の高N.A.（開口数）であって且つ収差の小さい光学系を設計して設置することが可能となる。

【0164】また、上記実施形態によると、2つのアライメント系及び投影光学系PLの各光軸のほぼ中心を計

測する干渉計からの干渉計ビームを各光学系毎に有しているため、アライメント時や投影光学系を介してのパターン露光時のいずれの場合にも2つのウェハステージ位置をアップ誤差のない状態でそれぞれ正確に計測することができ、2つのウェハステージを独立して正確に移動させることが可能になる。

【0165】さらに、2つのウェハステージWS1、WS2が並ぶ方向（ここではX軸方向）に沿って両側から投影光学系PLの投影中心に向けて設けられた測長軸BI1X、BI2Xは、常にウェハステージWS1、WS2に対して照射され、各ウェハステージのX軸方向位置を計測するため、2つのウェハステージが互いに干渉しないように移動制御することが可能になる。

【0166】また、上記実施形態によると、複数枚のレチクルRを使って二重露光を行なうことから、高解像度とDOF（焦点深度）の向上効果が得られる。この二重露光法は、露光工程を少なくとも2度繰り返さなければならないため、露光時間が長くなって大幅にスループットが低下するという不都合があったが、本実施形態の投影露光装置を用いることにより、スループットが大幅に改善できるため、スループットを低下させることなく高解像度とDOFの向上効果とを得ることができる。

【0167】例えば、T1（ウェハ交換時間）、T2（サーチアライメント時間）、T3（ファインアライメント時間）、T4（1回の露光時間）において、8インチウェハにおける各処理時間をT1：9秒、T2：9秒、T3：12秒、T4：28秒とした場合、1つのウェハステージを使って一連の処理がシーケンシャルに行われる従来の露光装置により二重露光が行なわれると、スループットTHOR=3600/(T1+T2+T3+T4\*2)=3600/(30+28\*2)=41

【枚/時】となり、1つのウェハステージを使って一重露光法を実施する従来装置のスループット（THOR=3600/(T1+T2+T3+T4)=3600/58=62【枚/時】）と比べてスループットが66%までダウンする。これに対し、本実施形態の投影露光装置を用いてT1、T2及びT3とT4とを並列処理しながら二重露光を行なう場合は、露光時間の方が大きいいため、スループットTHOR=3600/(28+28)=64【枚/時】となり、高解像度とDOFの向上効果を維持しつつスループットを大幅に改善することが可能となる。また、露光時間が長い分、EGA点数を増やすことが可能となり、アライメント精度が向上する。

【0168】《第2の実施形態》次に、本発明の第2の実施形態を図16及び図17に基づいて説明する。ここで、前述した第1の実施形態と同一若しくは同等の構成部分については、同一の符号を用いるとともにその説明を簡略にし若しくは省略するものとする。

【0169】この第2の実施形態に投影露光装置は、図16に示されるように、ウェハステージWS1の一辺の

長さ（WS2の一辺の長さもこれと同じ）が、測長軸BI4YとBI3Yとの相互間距離BL（測長軸BI5YとBI3Yとの相互間距離もこれと同じ）より長くなっているため、アライメントシーケンスの終了位置から露光シーケンスの開始位置までウェハステージWS1（又はWS2）が移動する間に、測長ビームBI4Y（又はBI5Y）がステージの反射面から切れないようになっている点に特徴を有する。このため、後述するように、干渉計のリセット後に、基準マーク板の基準マークの計測が可能となる点が、前述した第1の実施形態の場合と異なるが、その他の部分の構成等は前述した第1の実施形態の投影露光装置10と同様になっている。

【0170】図16には、ウェハステージWS1上ウェハW1のアライメントが終了した後に測長軸BI3Yの干渉計のリセットを行なっている様子が示されている。

【0171】この図16からも明らかなように、ウェハステージWS1の位置を管理している測長軸BI1X、BI4Yの干渉計はアライメント系24aによるウェハW1のファインアライメント（前述したEGAにより行なわれる）動作以降、干渉計ビームがウェハステージWS1のY軸方向一端面に形成された反射面から外れることがないので、主制御装置90では測長軸BI1X、BI4Yの干渉計の計測値をモニタしつつウェハステージWS1をアライメント終了位置から投影レンズPLの下に基準マーク板FM1が位置づけられる図16の位置まで移動させる。この際、基準マーク板FM1を投影レンズPLの真下に位置決めする直前で測長軸BI3Yの干渉計ビームがウェハステージWS1の反射面にて反射されるようになる。

【0172】この場合、ウェハステージWS1の位置制御は、測長軸BI1X、BI4Yの干渉計の計測値に基づいて行なわれているので、前述した第1の実施形態の場合と異なり、主制御装置90では、ウェハステージWS1の位置を正確に管理できており、この時点（基準マーク板FM1を投影レンズPLの真下に位置決めする直前）で、測長軸BI3Yの干渉計をリセットする。リセット終了後、ウェハステージWS1の位置制御は測長軸BI1X、BI3Yの干渉計の計測値に基づいて行なわれるようになる（第1のステージ座標系から第2のステージ座標系に座標系の切り替えが行なわれる）。

【0173】その後、主制御装置90では図16に示される位置にウェハステージWS1を位置決めし、レチクル顕微鏡142、144を用いて前述した第1の実施形態の場合と同様に、露光光を用いて基準マーク板FM1上のマークMK1、MK3とそれに対応するレチクル上マークRMK1、RMK3のウェハ面上投影像の相対位置検出、すなわちマークRMK1、RMK3と露光位置（投影光学系PLの投影中心）との相対位置関係の検出を行なった後、予め求められている基準マーク板FM1上のマークMK2に対する各ショットの相対位置関係と

露光位置と基準マーク板FM1上マークMK1, MK3座標位置の相対位置関係より最終的に露光位置と各ショットの相対位置関係を算出し、その結果に応じて露光（前述した2重露光）を行なう（図11参照）。

【0174】この露光中に、露光位置に応じて測長軸B14Yは反射面からはずれ計測不能となるが、既にウエハステージWS1の位置制御のための測長軸の切り換えが行なわれているので不都合は無い。

【0175】このようにして一方のウエハステージWS1側で露光シーケンスの動作が行なわれている間、他方のウエハステージWS2は、測長軸B12X, B15Yの干渉計の計測値に基づいて位置制御がなされており、W交換シーケンス及びウエハアライメントシーケンスが実行されている。この場合、ウエハステージWS1側では、前述の如く、2重露光が行なわれるので、ウエハステージWS2側のウエハ交換シーケンス及びウエハアライメントシーケンスの動作の方が先に終了し、ウエハステージWS2はその後待機状態となっている。

【0176】ウエハW1の露光が全て終了した時点で、主制御装置90では測長軸B11X, B13Yの干渉計の計測値をモニタしつつ、測長軸B14Yの干渉計ビームがウエハステージWS1の反射面に反射される位置までウエハステージWS1を移動し、測長軸B14Yの干渉計をリセットする。リセット動作終了後に、主制御装置90では再びウエハステージWS1の制御のための測長軸を測長軸B11X, B14Yに切り換えてウエハステージWS1をローディングポジションに移動する。

【0177】この移動中に、今度は測長軸B13Yの干渉計ビームが反射面からはずれ計測不能となるが、既にウエハステージWS1の位置制御のための測長軸の切り換えが行なわれているので不都合は無い。

【0178】主制御装置90では、ウエハステージWS1のローディングポジションへ向けて移動させるのと並行して、ウエハステージWS2の基準マーク板FM2を投影光学系PLの下へ位置決めすべく、ウエハステージWS2の移動を開始する。この移動の途中で、前述と同様にして測長軸B13Yの干渉計のリセットを実行し、その後、前述と同様にして、レチクル顕微鏡142、144を用いて基準マーク板FM2上のマークMK1, MK3とそれに対応するレチクル上マークRMK1, RMK3のウエハ面上投影像の相対位置検出、すなわちマークRMK1, RMK3と露光位置（投影光学系PLの投影中心）との相対位置関係の検出を行なった後、予め求められている基準マーク板FM2上のマークMK2に対する各ショットの相対位置関係と露光位置と基準マーク板FM2上マークMK1, MK3座標位置の相対位置関係より最終的に露光位置と各ショットの相対位置関係を算出し、その結果に応じて露光（前述した2重露光）を開始する。

【0179】図17には、このようにしてウエハステー

ジWS1がローディングポジションまで移動され、ウエハステージWS2側で露光シーケンスの動作が行なわれている時の様子が示されている。

【0180】このローディングポジションでは、第1の実施形態の場合と同様に、アライメント系24aの下に基準マーク板FM1上のマークMK2が位置づけられるようになっており、主制御装置90では、ウエハ交換終了と同時に第1のステージ座標系（B11X, B14Y）上でマークMK2の座標位置を第1の実施形態の場合と同様にして検出する。次にウエハW1上のマークに対してEGA計測を実施し、同じ座標系における各ショットの座標位置を算出する。即ち、各ショットの座標位置から基準板FM1上のマークMK2の座標位置を減じてマークMK2に対する各ショットの相対位置関係を算出する。この時点でEGA動作を終了し、ウエハステージWS2上ウエハW2の露光終了を待って、再び図16の状態に移行することとなる。

【0181】以上説明した本第2の実施形態の投影露光装置によると、前述した第1の実施形態と同等の効果をえられる他、アライメントシーケンスの動作終了後、露光シーケンスの動作に切り換える際のステージの移動の途中で切り換え前と切り換え後にそれぞれ使用される測長軸が同時にウエハステージの反射面で反射されるようにし、また、露光シーケンスの動作終了後、ウエハ交換・アライメントシーケンスの動作に切り換える際のステージの移動の途中で切り換え前と切り換え後にそれぞれ使用される測長軸が同時にウエハステージの反射面で反射されるようにしたことから、測長用干渉計リセット後に投影光学系PLを介した露光光アライメントセンサ

（レチクルアライメント顕微鏡142, 144）により基準マーク板上のマーク計測を行い、ウエハ交換の際にもこれに先立って測長用干渉計のリセットを実行し、ウエハ交換終了後にオフアクシスアライメントセンサ（アライメント系24a, 24b）により基準板上のマーク計測を行うことが可能になる。従って、各アライメント系によるアライメント動作と投影光学系PLによる露光動作との切り換えの途中、及び投影光学系PLによる露光動作とウエハ交換動作の切り換えの途中で、切り換え後の動作で使用する測長軸を有する干渉計にステージ制御の干渉計を切り換えることが可能となる。従って、基準マーク板上のマーク計測と同時に測長軸の切り換えを行っていた第1の実施形態の場合に比べて一層スループットの向上を図ることが可能となる。

【0182】なお、上記第1、第2の実施形態では、本発明が二重露光法を用いてウエハの露光を行なう装置に適用された場合について説明したが、これは、前述の如く、本発明の装置により、一方のウエハステージ側で2枚のレチクルにて2回露光を行なう（二重露光）間に、独立に可動できる他方のウエハステージ側でウエハ交換とウエハアライメントを並行して実施する場合に、従来

の一重露光よりも高いスループットが得られるとともに解像力の大幅な向上が図れるという特に大きな効果があるためである。しかしながら、本発明の適用範囲がこれに限定されるものではなく、一重露光法により露光する場合にも本発明は好適に適用できるものである。例えば、8インチウエハの各処理時間（T1～T4）が前述と同様であるとする、本発明のように2つのウエハステージを使って一重露光法で露光処理する場合、T1、T2、T3を1グループとし（計30秒）、T4（28秒）と並列処理を行なうと、スループットは $THOR = 3600 / 30 = 120$  [枚/時]となり、1つのウエハステージを使って一重露光法を実施する従来装置のスループット $THOR = 62$  [枚/時]に比べてほぼ倍の高スループットを得ることが可能となる。

【0183】また、上記実施形態では、ステップ・アンド・スキャン方式により走査露光を行なう場合について説明したが、本発明がこれに限定されるものではなく、ステップ・アンド・リピート方式による静止露光を行なう場合及び電子線露光装置（EB露光装置）やX線露光装置、さらにはチップとチップを合成するスティッチング露光時であっても同様に適用できることは勿論である。

【0184】

【発明の効果】以上説明したように、請求項1～4及び6～11に記載の発明によれば、スループットの向上及び基板ステージの小型・軽量化を図ることができるという従来にない優れた効果がある。

【0185】また、請求項5に記載の発明によれば、スループットの向上及びステージの小型・軽量化を図ることが可能な投影露光方法が提供される。

【図面の簡単な説明】

【図1】第1の実施形態にかかる投影露光装置の概略構成を示す図である。

【図2】2つのウエハステージとレチクルステージと投影光学系とアライメント系の位置関係を示す斜視図である。

【図3】ウエハステージの駆動機構の構成を示す平面図である。

【図4】投影光学系とアライメント系にそれぞれ設けられているAF/AL系を示す図である。

【図5】AF/AL系とTTRアライメント系の構成を示す投影露光装置の概略構成を示す図である。

【図6】図5のパターン形成板の形状を示す図である。

【図7】2つのウエハステージを使ってウエハ交換・アライメントシーケンスと露光シーケンスとが行なわれている状態を示す平面図である。

【図8】図7のウエハ交換・アライメントシーケンスと露光シーケンスとの切り換えを行なった状態を示す図である。

【図9】アライメント系による基準マーク板上の基準マ

ークの検出動作を説明するための図であって、(A)はアライメント系24aの真下に基準マーク板FM1上の基準マークMK2が位置づけされた様子を示す図、

(B)は基準マークMK2の形状の一例及びそれをアライメント系24aのFIA系センサで検出する画像取り込みの様子を示す図、(C)はマークMK2の画像をFIA系のセンサで取り込んだ際に画像処理系にて得られた波形信号を示す図である。

【図10】レチクルアライメント顕微鏡による基準マーク板上マークの計測動作を説明するための図であって、

(A)はレチクルアライメント顕微鏡により露光光を用いて基準マーク板FM1上マークMK1、MK3とそれに対応するレチクル上マークRMK1、RMK3のウエハ面上投影像の相対位置検出を行なっている様子を示す図、(B)はレチクルR上のマークRMKのウエハ面上投影像を示す図、(C)は基準マーク板上のマークMKを示す図、(D)は(A)における画像取り込みの様子を示す図、(E)は取り込まれた画像が処理され得られた波形信号を示す図である。

【図11】最終的に算出された露光位置と各ショットの相対位置関係に応じてウエハ上の各ショットの露光が行なわれる状態を示す概念図である。

【図12】2枚のレチクルを保持する二重露光用のレチクルステージを示す図である。

【図13】二重露光の際の露光順序を説明するための図であって、(A)は図12のパターンAのレチクルを使ってウエハの露光を行なう際の露光順序を示す図であり、(B)は図12のパターンBのレチクルを使ってウエハの露光を行なう際の露光順序を示す図である。

【図14】2つのウエハステージの一方に保持されたウエハ上の各ショット領域毎の露光順序を示す図である。

【図15】2つのウエハステージの他方に保持されたウエハ上の各ショット領域毎のマーク検出順序を示す図である。

【図16】第2の実施形態の動作を説明するための図であって、ウエハステージWS1上ウエハW1のアライメントが終了した後に測長軸B13Yを有する干渉計のリセットを行なっている様子を示す図である。

【図17】第2の実施形態の動作を説明するための図であって、ウエハステージWS1がローディングポジションまで移動され、ウエハステージWS2側で露光シーケンスの動作が行なわれている時の様子を示す図である。

【符号の説明】

10 投影露光装置

24a、24b アライメント系

90 主制御装置

142、144 レチクルアライメント顕微鏡

180 センターアップ

182 第1のローディングガイド

184 第1のアンロードアーム

10

20

30

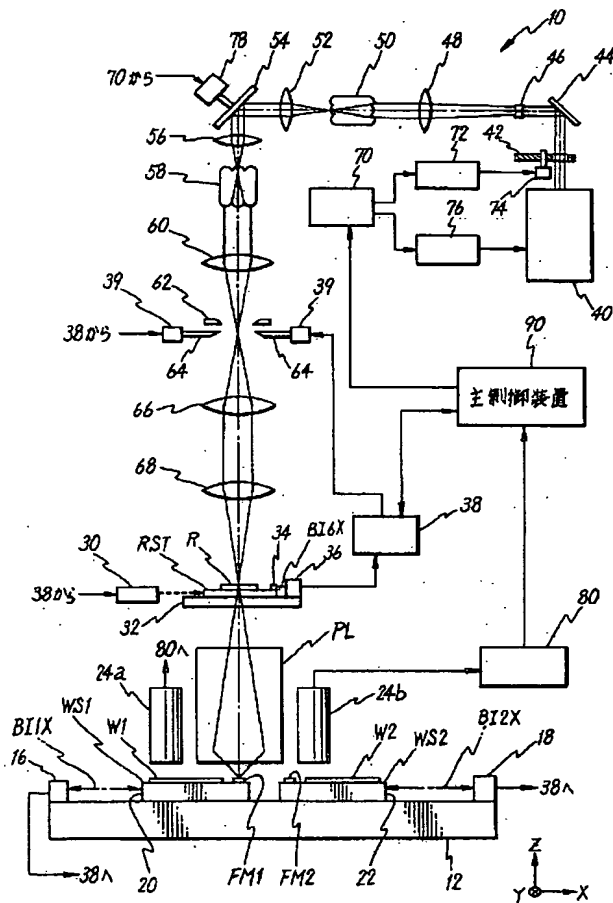
40

50

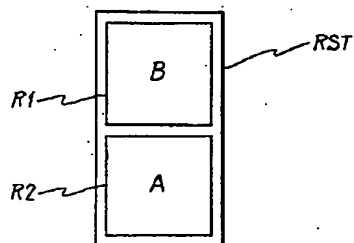
- 45
- 186 第1のスライダ  
188 第1のロードアーム  
190 第2のスライダ  
192 第2のローディングガイド  
194 第2のアンロードアーム  
196 第3のスライダ  
198 第2のロードアーム

- 46
- \* 200 第4のスライダ  
W1、W2 ウエハ  
WS1、WS2 ウエハステージ  
PL 投影光学系  
BI1X~BI5Y 測長軸  
R レチクル  
\* MK1、MK2、MK3 基準マーク

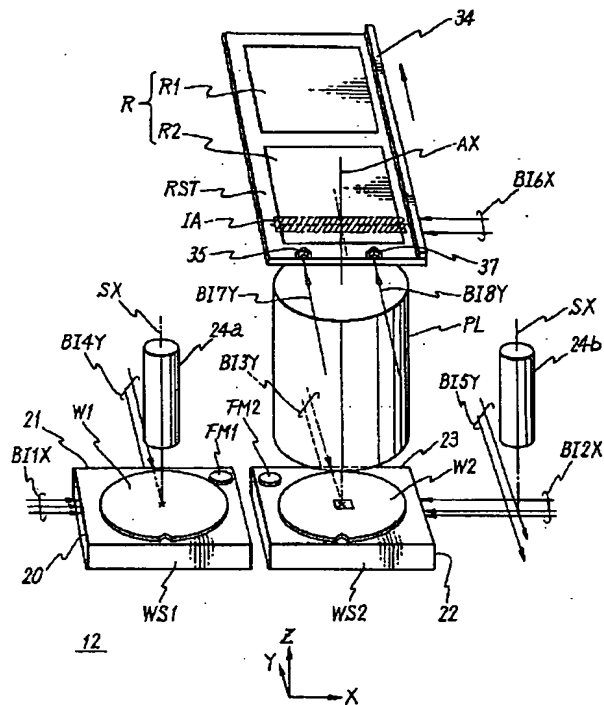
【図1】



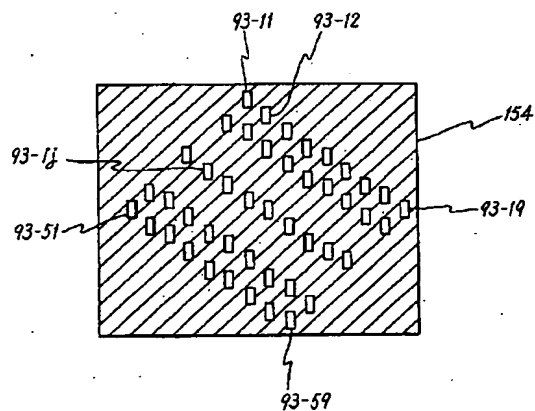
【図12】



【図2】

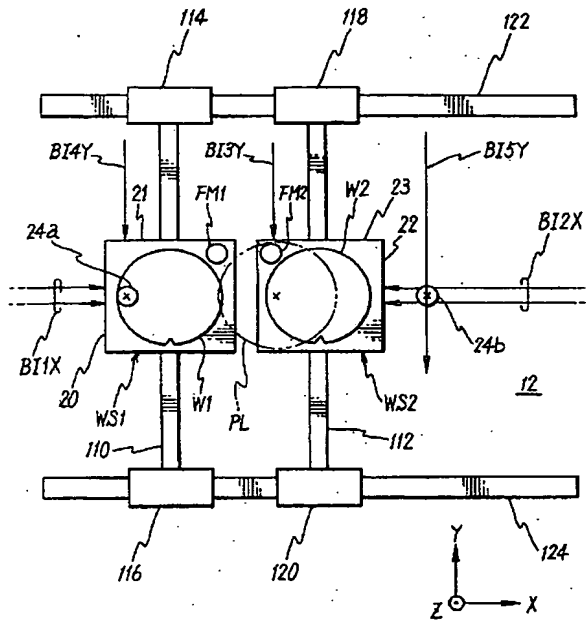


【図6】

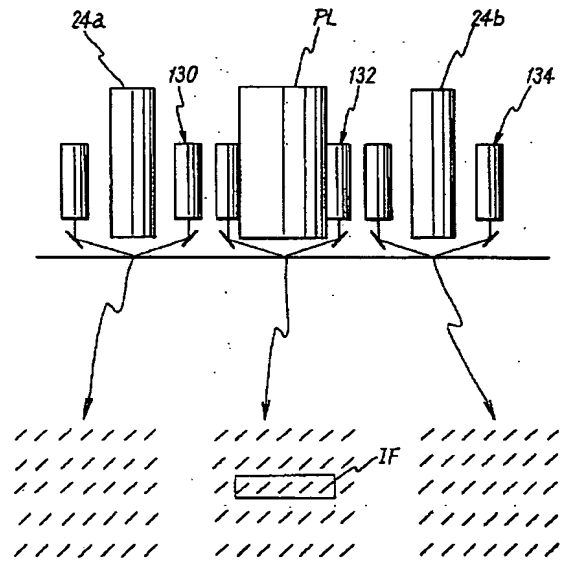




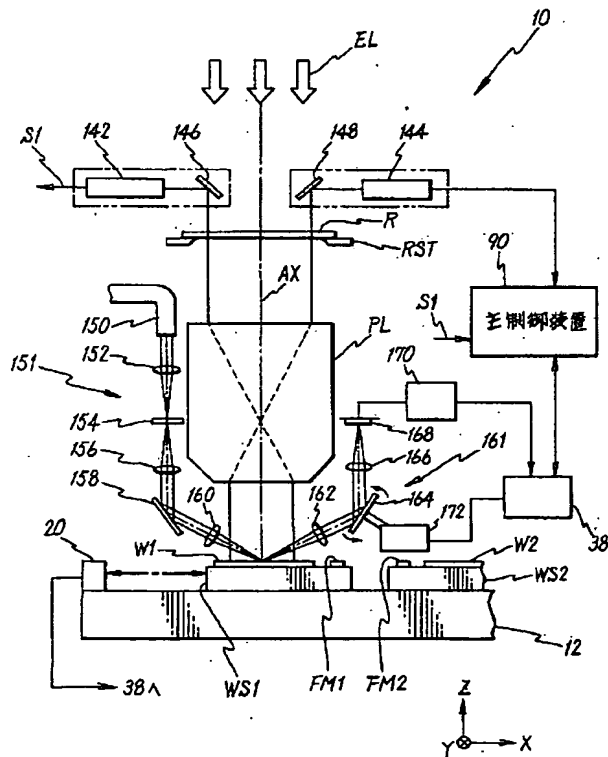
【図3】



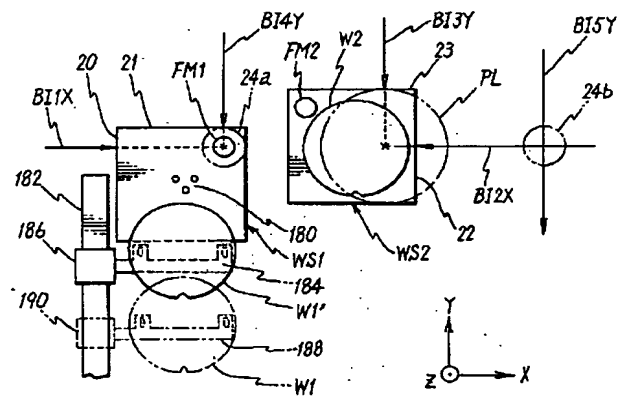
【図4】



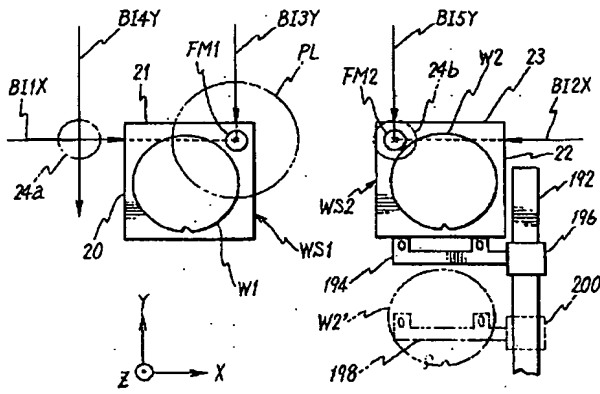
【図5】



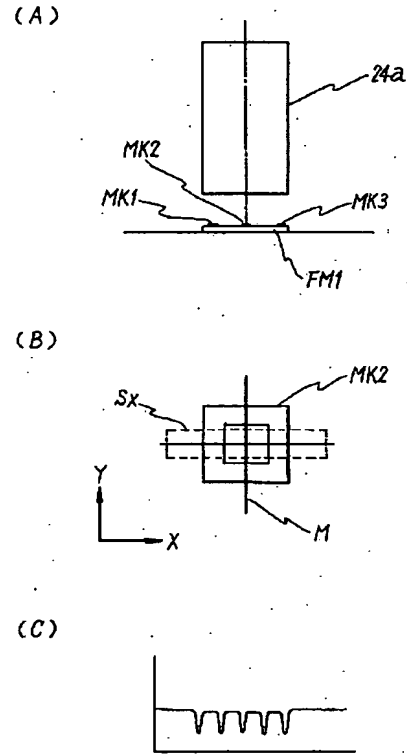
【図7】



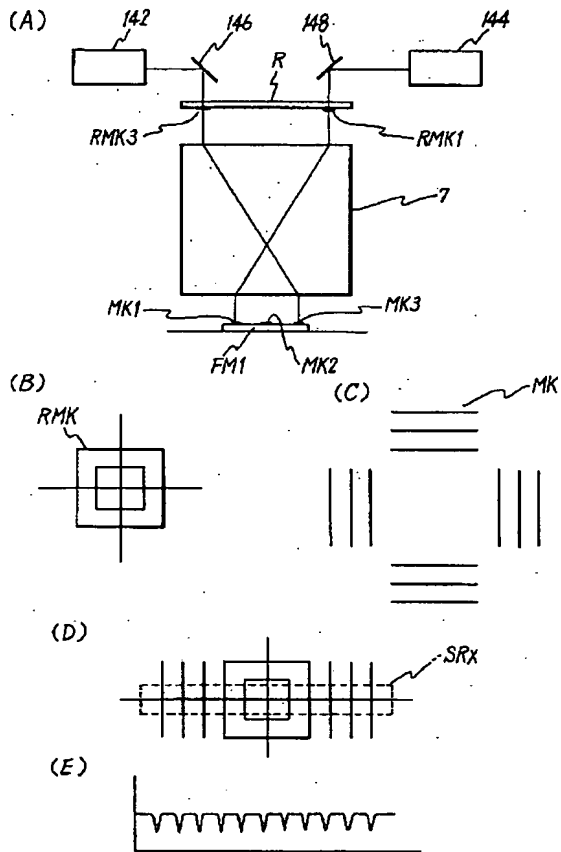
【図8】



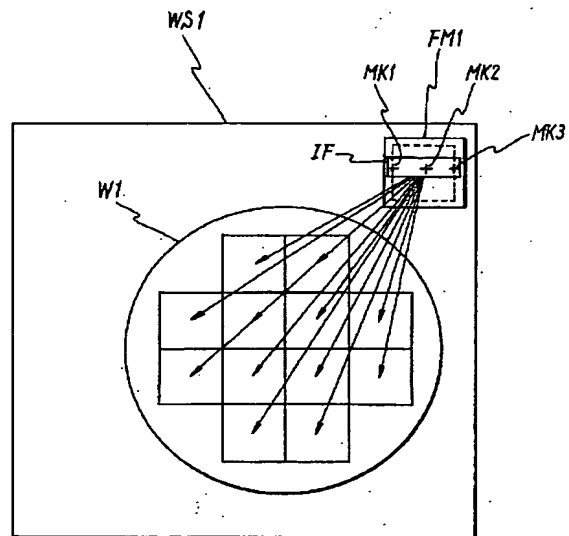
【図9】



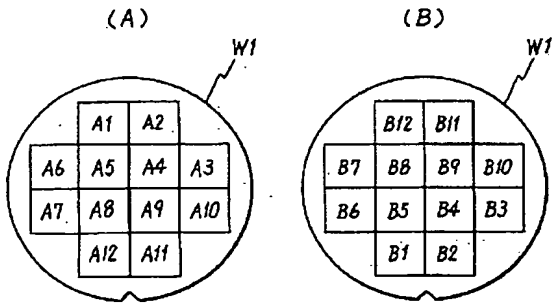
【図10】



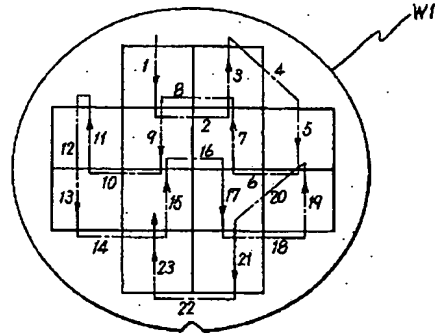
【図11】



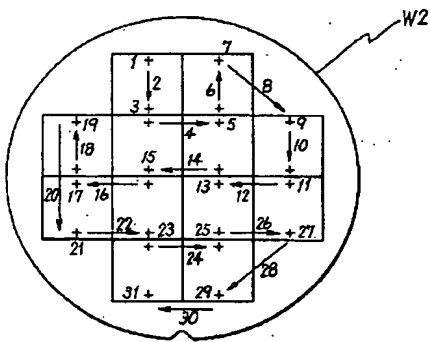
【図13】



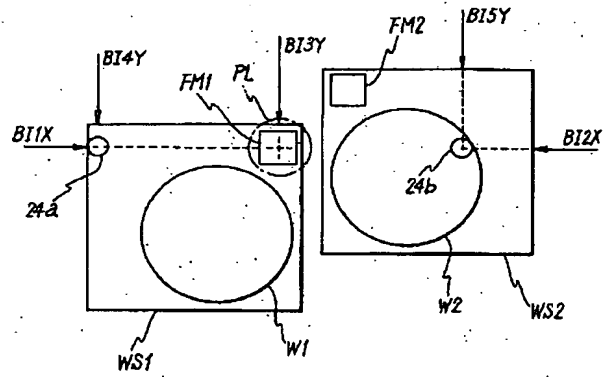
【図14】



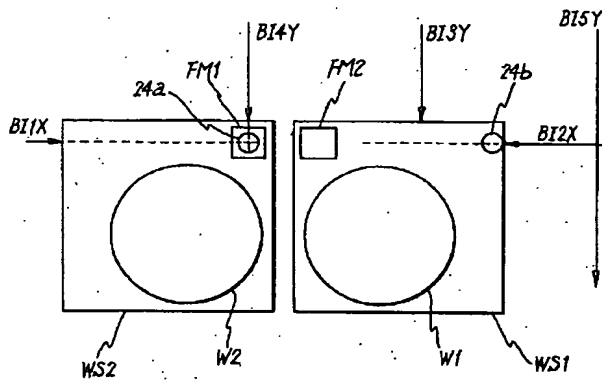
【図15】



【図16】



【図17】



【公報種別】特許法第17条の2の規定による補正の掲載  
 【部門区分】第7部門第2区分  
 【発行日】平成17年8月11日(2005.8.11)

【公開番号】特開平10-214783  
 【公開日】平成10年8月11日(1998.8.11)  
 【出願番号】特願平9-343740  
 【国際特許分類第7版】

H 0 1 L 21/027  
 G 0 3 F 7/20  
 G 0 3 F 9/00

【F I】

H 0 1 L 21/30 5 2 5 E  
 G 0 3 F 7/20 5 2 1  
 G 0 3 F 9/00 H  
 H 0 1 L 21/30 5 1 6 B

【手続補正書】  
 【提出日】平成17年1月19日(2005.1.19)  
 【手続補正1】  
 【補正対象書類名】明細書  
 【補正対象項目名】特許請求の範囲  
 【補正方法】変更  
 【補正の内容】  
 【特許請求の範囲】  
 【請求項1】

マスクに形成されたパターンの像を投影光学系を介して感応基板上に投影露光する投影露光装置であって、

感応基板を保持して2次元平面内を移動可能な第1基板ステージと；

感応基板を保持して前記第1基板ステージと同一平面内を前記第1基板ステージとは独立に移動可能な第2基板ステージと；

前記投影光学系とは別に設けられ、前記基板ステージ上又は前記基板ステージに保持された感応基板上のマークを検出するためのアライメント系と；

前記投影光学系の投影中心と前記アライメント系の検出中心とを通る第1軸方向の一方側から前記第1基板ステージの前記第1軸方向の位置を常に計測する第1測長軸と、前記第1軸方向の他方側から前記第2基板ステージの前記第1軸方向の位置を常に計測する第2測長軸と、前記投影光学系の投影中心で前記第1軸と垂直に交差する第3測長軸と、前記アライメント系の検出中心で前記第1軸と垂直に交差する第4測長軸とを備え、これらの測長軸により前記第1及び第2基板ステージの2次元位置をそれぞれ計測する干渉計システムと；

前記第1基板ステージ及び第2基板ステージの内の一方のステージの位置が前記干渉計システムの前記第3測長軸の計測値を用いて管理され、該一方のステージに保持された感応基板が露光される間に、前記第1基板ステージ及び第2基板ステージの内の他方のステージに保持された感応基板上のアライメントマークと前記他方のステージ上の基準点との位置関係が前記アライメント系の検出結果と前記干渉計システムの第4測長軸の計測値とを用いて検出されるように前記2つの基板ステージの動作を制御した後に、前記第3測長軸の計測値を用いて前記他方のステージの位置計測が可能な状態で前記第3測長軸の干渉計をリセットするとともに、前記投影光学系の投影領域内の所定の基準点との位置関係を検出可能な位置に前記他方のステージ上の基準点が位置決めされるように前記他方のステージの動作を制御する制御手段と；

を有する投影露光装置。

【請求項 2】

前記投影光学系に関して前記アライメント系の反対側に前記第 1 軸上に検出中心を有する別のアライメント系を有し、

前記干渉計システムは、前記別のアライメント系の検出中心で前記第 1 軸と垂直に交差する第 5 測長軸を備え、

前記制御手段は、前記一方のステージの位置が前記干渉計システムの前記第 3 測長軸の計測値を用いて管理され、該一方のステージに保持された感応基板が露光される間に、前記他方のステージに保持された感応基板上のアライメントマークと前記他方のステージ上の基準点との位置関係が前記アライメント系の検出結果と前記干渉計システムの第 4 測長軸の計測値とを用いて検出されるように前記 2 つの基板ステージの動作を制御した後に、前記第 5 測長軸の計測値を用いて前記一方のステージの位置計測が可能な状態で前記第 5 測長軸の干渉計をリセットするとともに、前記別のアライメント系の検出領域内に前記一方の基板ステージ上の基準点が位置決めされるように前記一方のステージの動作を制御することを特徴とする請求項 1 に記載の投影露光装置。

【請求項 3】

前記第 1 基板ステージ及び前記第 2 基板ステージとの間で感応基板の受け渡しを行なう搬送システムをさらに有し、

前記制御手段は、前記別のアライメント系の検出領域内に前記一方の基板ステージ上の基準点を位置決めした状態で、前記一方のステージと前記搬送システムとの間で基板の受け渡しを行なうことを特徴とする請求項 2 に記載の投影露光装置。

【請求項 4】

前記第 1 基板ステージ及び前記第 2 基板ステージ上には前記ステージの基準点としての基準マークがそれぞれ形成され、

前記投影光学系の投影領域内の所定の基準点は前記マスクのパターン像の投影中心であり、

前記マスクのパターン像の投影中心と前記ステージ上の基準マークとの相対位置関係を前記マスクと前記投影光学系を介して検出するマーク位置検出手段を更に有することを特徴とする請求項 1 に記載の投影露光装置。

【請求項 5】

マスクのパターンの像を投影光学系を介して感応基板上に投影露光する投影露光方法であって、

感応基板を保持して各々同一の平面内を独立に移動可能な 2 つの基板ステージを用意し、

所定の干渉計により前記 2 つのステージの内の一方の位置計測を行いながら、該一方のステージに保持された感応基板上に前記マスクのパターン像を投影露光し、

前記一方のステージに保持された基板の露光中に、前記所定の干渉計とは別の干渉計により前記 2 つのステージの内の他方のステージの位置計測を行いながら、該他方のステージに保持された基板上の位置合わせマークと前記他方のステージ上の基準点との位置関係を計測し、

前記一方のステージに保持された基板の露光終了後に、前記所定の干渉計により前記他方のステージの位置計測が可能な状態で前記所定の干渉計のリセットをするとともに、前記投影光学系の投影領域内の所定の基準点との位置関係を検出可能な位置に前記他方のステージの基準点を位置決めし、

前記計測された位置関係に基づき、前記リセットされた所定の干渉計を用いて前記他方のステージ上に保持された感応基板とマスクのパターン像との位置合わせを行うことを特徴とする投影露光方法。

【請求項 6】

マスクに形成されたパターン像を投影光学系を介して感応基板上に投影露光する投影露光装置であって、

感応基板を保持して２次元平面内を移動可能な第１基板ステージと；

感応基板を保持して前記第１基板ステージと同一平面内を前記第１基板ステージとは独立に移動可能な第２基板ステージと；

前記投影光学系とは別に設けられ、前記基板ステージ上の基準マーク及び前記基板ステージに保持された感応基板上のマークを検出するためのアライメント系と；

前記投影光学系の投影中心と前記アライメント系の検出中心とを通る第１軸方向の一方側から前記第１基板ステージの前記第１軸方向の位置を計測するための第１測長軸と、前記第１軸方向の他方側から前記第２基板ステージの前記第１軸方向の位置を計測するための第２測長軸と、前記投影光学系の投影中心で前記第１軸と直交する第３測長軸と、前記アライメント系の検出中心で前記第１軸と直交する第４測長軸とを備え、これらの測長軸により前記第１及び第２基板ステージの２次元位置をそれぞれ計測する干渉計システムと；

前記第１基板ステージ及び前記第２基板ステージの内の一方のステージの位置を前記干渉計システムの第３測長軸を用いて管理しつつ該一方のステージ上の感応基板を露光している間に、前記他方のステージの位置を前記干渉計システムの第４測長軸を使って管理しつつ前記他方のステージに保持された感応基板上のマークと前記他方のステージ上の基準マークとの位置関係を前記アライメント系を用いて求めるとともに、前記一方のステージに保持された感応基板の露光後に、前記他方のステージの位置を前記第３測長軸を用いて管理しつつ前記投影光学系による前記マスクのパターン像の投影位置と前記他方のステージ上の基準マークとの位置関係を求める制御手段と；

を有することを特徴とする投影露光装置。

【請求項 ７】

前記一方のステージに保持された感応基板の露光後であって前記投影光学系による前記マスクのパターン像の投影位置と前記他方のステージ上の基準マークとの位置関係を求めるときに、前記干渉計システムの第３測長軸の計測値をリセットすることを特徴とする請求項 ６に記載の投影露光装置。

【請求項 ８】

前記制御手段は、前記他方のステージに保持された感応基板上のマークとその他方のステージ上の基準マークとの位置関係及び、前記投影光学系による前記マスクのパターン像の投影位置と前記他方のステージ上の基準マークとの位置関係を求めたときの前記第３測長軸の計測結果に基づいて前記他方のステージの位置を制御しながら前記他方のステージに保持された感応基板を露光することを特徴とする請求項 ６に記載の投影露光装置。

【請求項 ９】

前記制御手段は、前記他方のステージに保持された感応基板の露光後に、前記他方のステージ上の基準マークが前記アライメント系の検出領域内に入るように前記他方のステージを位置決めして感応基板の交換を行うことを特徴とする請求項 ８に記載の投影露光装置。

【請求項 １０】

前記他方のステージ上の基準マークを前記アライメント系で検出するときに前記干渉計システムの第４測長軸の計測値をリセットすることを特徴とする請求項 ９に記載の投影露光装置。

【請求項 １１】

マスクに形成されたパターンの像を投影光学系を介して感応基板上に投影露光する投影露光装置であって、

感応基板を保持して２次元平面内を移動可能な第１基板ステージと；

感応基板を保持して前記第１基板ステージと同一平面内を前記第１基板ステージとは独立に移動可能な第２基板ステージと；

前記第１基板ステージ及び前記第２基板ステージとの間で感応基板の受け渡しを行う搬送システムと；

前記投影光学系とは別に設けられ、前記基板ステージ上の基準マーク及び前記基板ス

ージに保持された基板上のマークを検出するためのアライメント系と；

前記第1基板ステージと前記第2基板ステージの内の一方のステージが前記搬送システムと感応基板の受け渡しを行う間に、他方のステージが露光動作を行うように前記2つの基板ステージを制御する制御手段とを有し、

該制御手段は、前記一方のステージが前記搬送システムとの間で感応基板の受け渡しを行うときに前記一方のステージ上の基準マークが前記アライメント系の検出領域内に入るように前記一方のステージを制御することを特徴とする投影露光装置。

【請求項12】

パターンの像を感応基板上に投影して、該感応基板を露光する投影露光装置であって、干渉計用の反射面を有し、感応基板を保持して2次元方向に移動可能な第1ステージと；

干渉計用の反射面を有し、感応基板を保持して、前記第1ステージとは独立に、2次元方向に移動可能な第2ステージと；

前記ステージに配置された基準と、該ステージに保持された感応基板上のショット領域との第1位置関係を求めるための第1アライメント系と；

前記第1アライメント系に対して第1軸方向に離れて配置され、前記パターン像を感応基板上に投影するための投影光学系と；

前記投影光学系による前記パターン像の投影位置と前記ステージに配置された基準との第2位置関係を求めるための第2アライメント系と；

前記第1位置関係を求めるために前記第1アライメント系を用いて一方のステージ上の感応基板のマーク検出を行うアライメント動作が行われるときに前記一方のステージの前記第1軸方向の位置を、前記第1軸方向の一侧から計測するための第1測長軸と、前記投影光学系を用いて他方のステージ上の感応基板の露光を行う露光動作が行われるときに前記他方のステージの前記第1軸方向の位置を、前記第1軸方向の他側から計測するための第2測長軸と、前記感応基板に対する露光動作が行われている前記他方のステージの前記第1軸方向に垂直な第2軸方向の位置を計測可能に配置され、前記露光動作の終了後、前記他方のステージの反射面から外れる第3測長軸と、前記露光動作と並行して、前記感応基板に対するアライメント動作が行われている前記一方のステージの前記第2軸方向の位置を計測可能に配置され、前記アライメント動作の終了後、前記一方のステージの反射面から外れる第4測長軸とを有する干渉計システムと；を備え、

前記一方のステージ上の前記感応基板に対するアライメント動作の間に、その感応基板上のマークを検出して、当該感応基板上のショット領域と前記一方のステージに配置された基準との第1位置関係が求められ、

前記一方のステージ側の前記アライメント動作、及び前記他方のステージ側の前記露光動作の終了後に、前記第2アライメント系を使って、前記投影光学系による前記パターン像の投影位置と前記一方のステージの基準との第2位置関係が求められ、

前記第2位置関係が求められた後に、前記第1位置関係と前記第2位置関係とに基づいて前記一方のステージの位置を制御しながら、前記一方のステージに保持された感応基板上のショット領域が順次露光される投影露光装置。

【請求項13】

前記第2アライメント系を用いて前記投影光学系による前記パターン像の投影位置と前記一方のステージの基準との第2位置関係を求めるときに、前記一方のステージの位置は前記干渉計システムの第2測長軸を使って計測される請求項12に記載の投影露光装置。

【請求項14】

ベース部材を更に備え、

前記第1及び第2ステージは、前記ベース部材上でそれぞれ独立に2次元方向に移動可能である請求項12～14のいずれか一項に記載の投影露光装置。

【請求項15】

前記第1ステージと前記第2ステージとが交互に前記投影光学系の像面側に移動され、複数の感応基板が順次露光される請求項12～14のいずれか一項に記載の投影露光装置

。

【請求項 16】

前記一方のステージに配置された基準は、第1基準マークと第2基準マークとを有し、前記第1測長軸を使って前記一方のステージの位置を計測しながら、前記第1アライメント系を使って前記一方のステージ上の感応基板上のマークと前記第1基準マークとを検出することによって前記第1位置関係が求められ、

前記第2測長軸を使って前記一方のステージの位置を計測しながら、前記第2アライメント系を使って前記第2基準マークと前記パターンが形成されたマスクのマークとの位置関係を前記投影光学系を介して検出することによって前記第2位置関係が求められ、

前記第1位置関係と前記第2位置関係とに基づいて、前記投影光学系によるパターン像の投影位置と前記一方のステージに保持された感応基板上のショット領域との位置関係が決定され、該決定された位置関係に基づいて、前記一方のステージに保持された感応基板上のショット領域が露光される請求項12～15のいずれか一項に記載の投影露光装置。

【請求項 17】

感応基板の搬送を行う基板搬送システムをさらに備え、

前記アライメント動作に先立ち、前記他方のステージでの露光動作と並行して、前記一方のステージと前記基板搬送システムとの間で感応基板の受け渡しが行われ、

前記搬送システムと感応基板の受け渡しを行った後に、前記第1測長軸が前記一方のステージの位置を計測可能な状態で、前記第1アライメント系で前記第1基準マークの検出が行われる請求項16に記載の投影露光装置。

【請求項 18】

前記基板搬送システムは、前記投影光学系に対して前記第1軸方向に離れて配置されている請求項17に記載の投影露光装置。

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0059

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0059】

これによれば、制御手段により、第1基板ステージ及び第2基板ステージの内の一方のステージが搬送システムとの間で感応基板の受け渡しを行う間に、他方のステージが露光動作を行うように両ステージの動作が制御される。従って、先に説明した時間T1の動作と、時間T4の動作とが並行処理できる。また、制御手段により、一方のステージが搬送システムとの間で感応基板の受け渡しを行うときに一方のステージ上の基準マークがアライメント系の検出領域内に入るように一方のステージが制御されるので、アライメント開始動作である基準マークの位置計測と感応基板の交換とを基板ステージの静止状態で行なうことができる。更に、基板交換位置からアライメント開始位置への基板ステージの移動時間が零となるのに加え、先に説明した時間T1、時間T2及び時間T3の動作を一方の基板ステージ側で行ない、時間T4の動作を他方の基板ステージ側で行なうことが可能になる。従って、時間(T1+T2+T3+T4)を要していた従来のシーケンシャルな処理に比べてスループットを向上させることが可能になる。

また本発明は、パターンの像を感応基板上に投影して、該感応基板を露光する投影露光装置であって、干渉計用の反射面(21)を有し、感応基板(W1)を保持して2次元方向(X軸方向、Y軸方向)に移動可能な第1ステージ(WS1)と；干渉計用の反射面(23)を有し、感応基板(W2)を保持して、第1ステージ(WS1)とは独立に、2次元方向(X軸方向、Y軸方向)に移動可能な第2ステージ(WS2)と；ステージ(WS1又はWS2)に配置された基準(MK2)と、該ステージに保持された感応基板上のショット領域との第1位置関係を求めるための第1アライメント系(24a)と；第1アライメント系(24a)に対して第1軸方向(X軸方向)に離れて配置され、パターン像を感応基板上に投影するための投影光学系(PL)と；投影光学系(PL)によるパターン



像の投影位置とステージに配置された基準(MK1)との第2位置関係を求めるための第2アライメント系(142)と;第1位置関係を求めるために第1アライメント系(24a)を用いて一方のステージ上の感応基板(例えばW1)上のマーク検出を行うアライメント動作が行われるときに一方のステージ(W S 1)の第1軸方向(X軸方向)の位置を、第1軸方向(X軸方向)の一侧から計測するための第1測長軸(B I 1 X)と、投影光学系(P L)を用いて他方のステージ上の感応基板(W 2)の露光を行う露光動作が行われるときに他方のステージ(W S 2)の第1軸方向(X軸方向)の位置を、第1軸方向(X軸方向)の他側から計測するための第2測長軸(B I 2 X)と、感応基板に対する露光動作が行われている他方のステージ(W S 2)の第1軸方向(X軸方向)に垂直な第2軸方向(Y軸方向)の位置を計測可能に配置され、露光動作の終了後、他方のステージ(W S 2)の反射面(23)から外れる第3測長軸(B I 3 Y)と、露光動作と並行して、感応基板に対するアライメント動作が行われている一方のステージ(W S 1)の第2軸方向(Y軸方向)の位置を計測可能に配置され、アライメント動作の終了後、一方のステージ(W S 1)の反射面(21)から外れる第4測長軸(B I 4 Y)とを有する干渉計システムと;を備え、一方のステージ(W S 1)上の感応基板(W 1)に対するアライメント動作の間に、その感応基板(W 1)上のマークを検出して、当該感応基板(W 1)上のショット領域と一方のステージ(W S 1)に配置された基準(MK2)との第1位置関係が求められ、一方のステージ(W S 1)側のアライメント動作、及び他方のステージ(W S 2)側の露光動作の終了後に、第2アライメント系(142)を使って、投影光学系(P L)によるパターン像の投影位置と一方のステージ(W S 1)の基準(MK1)との第2位置関係が求められ、その第2位置関係が求められた後に、その第1位置関係と第2位置関係とに基づいて一方のステージ(W S 1)の位置を制御しながら、一方のステージ(W S 1)に保持された感応基板(W 1)上のショット領域が順次露光されることを特徴とするものである。

これによれば、スループットを向上させることが可能となり、ステージ反射面を小さくできるので、ステージの小型化を図ることができる。

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-214783

(43)Date of publication of application : 11.08.1998

(51)Int.Cl.

H01L 21/027  
G03F 7/20  
G03F 9/00

(21)Application number : 09-343740

(71)Applicant : NIKON CORP

(22)Date of filing : 28.11.1997

(72)Inventor : NISHI TAKECHIKA

(30)Priority

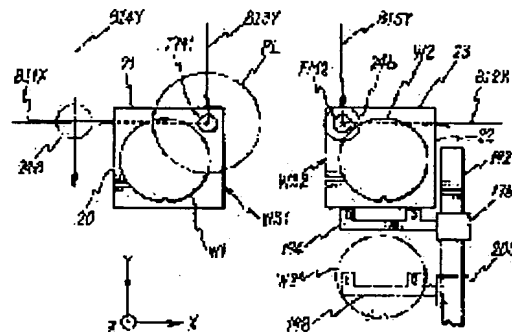
Priority number : 08332843 Priority date : 28.11.1996 Priority country : JP

## (54) DEVICE AND METHOD FOR PROJECTION ALIGNMENT

(57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To improve the throughput of a projection aligner and to reduce the size and weight of a substrate stage.

**SOLUTION:** The operations of two stages WS1 and WS2 are controlled, so that the positional relation between the alignment mark of a substrate W2 and a reference plate FM2 on the stage WS2 may be detected accurately by using the detected results of an alignment system 24b and measured values on a length measuring axis BI5Y, while the substrate W1 is exposed through a projection optical system PL by controlling the position of the stage WS1 by using measured values on length measuring axes BI1X and BI3Y. When the operations of both stages WS1 and WS2 are terminated, in addition, the interferometer on the axis BI3Y is reset in a state where the position of the stage WS2 can be measured by using the measured values on the axis BI3Y and, at the same time, the operations of the stage WS2 are controlled so that the reference plate FM2 can be positioned to a position, where the positional relation between the interferometer and a prescribed reference point (projecting center of the image of a mask pattern) in the projection area of the projection optical system can be detected.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] . 24.11.2004

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

**\* NOTICES \***

**JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.**

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

**CLAIMS**

---

**[Claim(s)]**

[Claim 1] It is the projection aligner which carries out projection exposure of the image of the pattern formed in the mask on an induction substrate through projection optics. Said projection optics is established independently. an induction substrate -- holding -- the inside of a two-dimensional flat surface -- the movable 1st substrate stage and; induction substrate -- holding -- the inside of the same flat surface as said 1st substrate stage -- said 1st substrate stage -- the independently movable 2nd substrate stage and; -- The alignment system for detecting the mark on the induction substrate held on said substrate stage or on said substrate stage; the location of said 1st shaft orientations of said 1st substrate stage from the one side of the 1st shaft orientations passing through the projection core of said projection optics, and the detection core of said alignment system The always measured 1st length measurement shaft and the 2nd length measurement shaft which always measures the location of said 1st shaft orientations of said 2nd substrate stage from the other side of said 1st shaft orientations, The 3rd length measurement shaft which intersects said 1st shaft and perpendicular focusing on projection of said projection optics, It has the 4th length measurement shaft which intersects said 1st shaft and perpendicular focusing on detection of said alignment system. With these length measurement shafts The two-dimensional location of said 1st and 2nd substrate stage Interferometer systems measured, respectively; while the induction substrate which the location of one stage of said 1st substrate stage and the 2nd substrate stages was managed using the measurement value of said 3rd length measurement shaft of said interferometer systems, and was held on one [ this ] stage is exposed The physical relationship of the alignment mark on the induction substrate held on the stage of another side of said 1st substrate stage and the 2nd substrate stages and the reference point on the stage of said another side the detection result of said alignment system, and the measurement value of the 4th length measurement shaft of said interferometer systems After controlling actuation of said two substrate stages to be used and detected, while using the measurement value of said 3rd length measurement shaft and resetting the interferometer of said 3rd length measurement shaft in the condition in which location measurement of the stage of said another side is possible The control means which controls actuation of the stage of said another side so that the origin/datum on the stage of said another side is positioned in the location which can detect physical relationship with the predetermined origin/datum in the projection field of said projection optics, and the projection aligner which has;

[Claim 2] It has another alignment system which has a detection core on said 1st shaft in the opposite side of said alignment system about said projection optics. Said interferometer systems It has the 5th length measurement shaft which intersects said 1st shaft and perpendicular focusing on detection of said another alignment system. Said control means While the induction substrate which the location of one [ said ] stage was managed using the measurement value of said 3rd length measurement shaft of said interferometer systems, and was held on one [ this ] stage is exposed After controlling actuation of said two substrate stages so that the physical relationship of the alignment mark on the induction substrate held on the stage of said another side and the reference point on the stage of said another side is detected using the detection result of said alignment system, and the measurement value of the 4th length measurement shaft of said interferometer systems While resetting the interferometer of said 5th length measurement shaft in the condition in which location measurement of one [ said ] stage is possible using the measurement value of said 5th length measurement shaft The projection aligner according to claim 1 characterized by controlling actuation of one [ said ] stage so that the origin/datum on one [ said ] substrate stage is positioned in the detection field of said another alignment system.

[Claim 3] It is the projection aligner according to claim 2 which has further the carrier system which delivers an induction substrate between said 1st substrate stage and said 2nd substrate stage, and said control means is in the condition which positioned the origin/datum on one [ said ] substrate stage in the detection field of said another alignment system, and is characterized by delivering a substrate between one [ said ] stage and said carrier system.

[Claim 4] It is the projection aligner according to claim 1 which the reference mark as a reference point of said stage is formed on said 1st substrate stage and said 2nd substrate stage, respectively, and is characterized by to have further a mark location detection means the predetermined reference point in the projection field of said projection optics is based on projection of the pattern image of said mask, and detect the relative-position relation between the projection core of the pattern image of said mask, and the reference mark on said stage through said mask and said projection optics.

[Claim 5] It is the projection exposure approach which carries out projection exposure of the image of the pattern of a mask on an induction substrate through projection optics. While an induction substrate is held, two independently movable substrate stages are respectively prepared for the inside of the same flat surface and a predetermined interferometer performs one location measurement of said two stages. Projection exposure of the pattern image of said mask is carried out on the induction substrate held on one [ this ] stage. While an interferometer other than said predetermined interferometer performs location measurement of the stage of another side of said two stages during exposure of the substrate held on one [ said ] stage. The physical relationship of the alignment mark on the substrate held on the stage of this another side and the reference point on the stage of said another side is measured. While resetting said predetermined interferometer with said predetermined interferometer after exposure termination of the substrate held on one [ said ] stage in the condition in which location measurement of the stage of said another side is possible. The origin/datum of the stage of said another side is positioned in the location which can detect physical relationship with the predetermined origin/datum in the projection field of said projection optics. The projection exposure approach characterized by performing alignment of the induction substrate and the pattern image of a mask which were held on the stage of said another side using said reset predetermined interferometer based on said measured physical relationship.

[Claim 6] It is the projection aligner which carries out projection exposure of the image of the pattern formed in the mask on an induction substrate through projection optics. Said projection optics is established independently. an induction substrate -- holding -- the inside of a two-dimensional flat surface -- the movable 1st substrate stage and; induction substrate -- holding -- the inside of the same flat surface as said 1st substrate stage -- said 1st substrate stage -- the independently movable 2nd substrate stage and; -- The reference mark on said substrate stage. And the alignment system for detecting the mark on the induction substrate held on said substrate stage; The 1st length measurement shaft for measuring the location of said 1st shaft orientations of said 1st substrate stage from the one side of the 1st shaft orientations passing through the projection core of said projection optics, and the detection core of said alignment system, The 2nd length measurement shaft for measuring the location of said 1st shaft orientations of said 2nd substrate stage from the other side of said 1st shaft orientations, It has the 3rd length measurement shaft which intersects perpendicularly with said 1st shaft focusing on projection of said projection optics, and the 4th length measurement shaft which intersects perpendicularly with said 1st shaft focusing on detection of said alignment system. With these length measurement shafts The two-dimensional location of said 1st and 2nd substrate stage Interferometer systems measured, respectively; while exposing the induction substrate on one [ this ] stage, managing the location of one stage of said 1st substrate stage and said 2nd substrate stages using the 3rd length measurement shaft of said interferometer systems. While searching for the physical relationship of the mark on the induction substrate held on the stage of said another side, and the reference mark on the stage of said another side using said alignment system, managing the location of the stage of said another side using the 4th length measurement shaft of said interferometer systems. After exposure of the induction substrate held on one [ said ] stage. The projection aligner characterized by having the control means which searches for the physical relationship of the projection location of the pattern image of said mask by said projection optics, and the reference mark on the stage of said another side, managing the location of the stage of said another side using said 3rd length measurement shaft, and;.

[Claim 7] The projection aligner according to claim 6 which is after exposure of the induction substrate held on one [ said ] stage, and is characterized by resetting the measurement value of the 3rd length measurement shaft of said interferometer systems when searching for the physical relationship of the

projection location of the pattern image of said mask by said projection optics, and the reference mark on the stage of said another side.

[Claim 8] the physical relationship of the mark on the induction substrate with which said control means was held on the stage of said another side, and the reference mark on the stage of the another side -- and When the physical relationship of the projection location of the pattern image of said mask by said projection optics and the reference mark on the stage of said another side is searched for The projection aligner according to claim 6 characterized by exposing the induction substrate held on the stage of said another side while controlling the location of the stage of said another side based on the measurement result of the 3rd length measurement shaft of \*\*\*\*\*.

[Claim 9] Said control means is a projection aligner according to claim 8 characterized by positioning the stage of said another side and exchanging an induction substrate after exposure of the induction substrate held on the stage of said another side so that the reference mark on the stage of said another side may enter in the detection field of said alignment system.

[Claim 10] The projection aligner according to claim 9 characterized by resetting the measurement value of the 4th length measurement shaft of said interferometer systems when detecting the reference mark on the stage of said another side by said alignment system.

[Claim 11] It is the projection aligner which carries out projection exposure of the image of the pattern formed in the mask on an induction substrate through projection optics. Hold an induction substrate and the movable 1st substrate stage and; induction substrate are held for the inside of a two-dimensional flat surface. Carrier system with which said 1st substrate stage delivers an induction substrate for the inside of the same flat surface as said 1st substrate stage between the independently movable 2nd substrate stage, the 1st substrate stage of; above, and said 2nd substrate stage; Said projection optics is established independently. The alignment system for detecting the mark on the substrate held on the reference mark and said substrate stage on said substrate stage; while one stage of said 1st substrate stages and said 2nd substrate stages performs delivery of said carrier system and induction substrate It has the control means which controls said two substrate stages so that the stage of another side performs exposure actuation. This control means The projection aligner characterized by controlling one [ said ] stage so that the reference mark on one [ said ] stage enters in the detection field of said alignment system, when one [ said ] stage delivers an induction substrate between said carrier system.

---

[Translation done.]

**\* NOTICES \***

**JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.**

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

**DETAILED DESCRIPTION**

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to a projection aligner and the projection exposure approach, and about the projection aligner and the projection exposure approach of carrying out projection exposure of the image of the pattern formed in the mask in more detail on an induction substrate through projection optics, especially, two substrate stages are moved independently and it has the description at the point of performing exposure processing and other processings in parallel.

[0002]

[Description of the Prior Art] Although various aligners are conventionally used when manufacturing a semiconductor device or a liquid crystal display component at a photolithography process, generally in current, the projection aligner imprinted on substrates (an "induction substrate" is called suitably hereafter), such as a wafer with which the photo mask or the pattern image of a reticle (it is hereafter named a "reticle" generically) was applied to sensitization material, such as a photoresist, by the front face through projection optics, or a glass plate, is used. The so-called contraction projection aligner (the so-called stepper) of the step-and-repeat method which lays an induction substrate on a freely movable substrate stage two-dimensional, is made to carry out stepping (stepping) of the induction substrate by this substrate stage as this projection aligner in recent years, and repeats the actuation which carries out sequential exposure of the pattern image of a reticle to each shot field on an induction substrate is in use.

[0003] Comparatively many projection aligners (for example, scanning aligner which was indicated by JP,7-176468,A etc.) of step - which added amelioration to package mold aligners, such as this stepper, and - scanning method have also recently come to be used. It has the equalization effectiveness by carrying out the relative scan of a reticle and the wafer to \*\* projection optics which can expect a high throughput by reduction of the shots per hour by large field exposure, and has a merit with the expectable improvement in distortion or the depth of focus while manufacture of projection optics is easy for it, since the projection aligner of this step - and - scanning method can expose the large field by smaller optical system compared with \*\* stepper. Furthermore, since the degree of integration of a semiconductor device becomes [ the large field ] indispensable still more in the future in connection with DRAM of 16M (megger) to 64M, and becoming high with a time like 256M and 1G (G), it is said that a scanning mold projection aligner will become in use instead of a stepper.

[0004]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] It is requested inevitably that the throughput, i.e., a throughput, whether it can carry out exposure processing of the wafer of the number of sheets of which in fixed time amount since this kind of projection aligner is used mainly as mass-production machines, such as a semiconductor device, should be raised.

[0005] About this, in the case of the projection aligner of step - and - scanning method, when exposing the large field, as stated previously, since the shots per hour exposed in a wafer decreases, improvement in a throughput is expected, but From exposure being performed during the uniform migration by synchronous scan with a reticle and a wafer When an acceleration/deceleration space is needed before and behind the uniform migration field and it exposes the shot of magnitude equivalent to a stepper's shot size temporarily, a throughput may fall from a stepper on the contrary.

[0006] The flow of the processing in this kind of projection aligner has become like size Yoji.

[0007] \*\* The wafer load process which loads a wafer on a wafer table using a wafer loader is

performed first.

[0008] \*\* Next, the search alignment process that a search alignment device performs rough location detection of a wafer is performed. Specifically, this search alignment process is performed by detecting [\*\*\*\*] the search alignment mark on a wafer on the basis of the appearance of a wafer.

[0009] \*\* Next, the fine alignment process which asks for the location of each shot field on a wafer correctly is performed. Generally as for this fine alignment process, an EGA (en hunger strike global alignment) method is used. This method Choose two or more sample shots in a wafer, and sequential measurement of the location of the alignment mark (wafer mark) attached to the sample shot concerned is carried out. Based on this measurement result and the design value of a shot array, the statistics operation by the so-called least square method etc. is performed. It can ask for all the shot array data on a wafer, and can ask for the coordinate location of each shot field comparatively with high precision by the high throughput (reference, such as JP,61-44429,A).

[0010] \*\* Next, the exposure process which imprints the pattern image of a reticle on a wafer through projection optics is performed, carrying out sequential positioning of each shot field on a wafer in an exposure location based on the coordinate location of each shot field for which it asked with the EGA method mentioned above, and the amount of base lines measured beforehand.

[0011] \*\* Next, the wafer unload process to which the wafer unload of the wafer on the wafer table by which exposure processing was carried out is carried out using a wafer unloader is performed. This wafer unload process is performed to the wafer load process and coincidence of the above-mentioned \*\* of a wafer which perform exposure processing. That is, a wafer exchange process is constituted by \*\* and \*\*.

[0012] thus -- the conventional projection aligner -- wafer exchange -> search alignment -> fine alignment -> exposure -> wafer exchange -- like ...., four actuation is greatly performed repeatedly using one wafer stage.

[0013] Moreover, the throughput THOR of this kind of projection aligner [\*\*/time amount] can express the wafer swap time mentioned above like a degree type (1) for T1 and search alignment time amount, when T2 and fine alignment time amount are made into T3 and the exposure time is made into T four.

[0014]

$THOR = 3600 / (T1 + T2 + T3 + T \text{ four}) \dots\dots (1)$

actuation of the above T1 - T four -- T -- repeat activation is carried out one by one (sequentially) like 1 -> T2 -> T3 -> T-four -> T1 .... For this reason, if each element to T1 - T four is accelerated, a denominator can become small and can raise Throughput THOR. However, since 1 actuation is only performed to one wafer, the effectiveness of an improvement of T1 (wafer swap time) and T2 which were mentioned above (search alignment time amount) is comparatively small. Moreover, in the case of T3 (fine alignment time amount), if the number of samplings of a shot is lessened or the measurement time amount of a shot simple substance is shortened in case the EGA method mentioned above is used, a throughput can be raised, but since alignment precision is made to deteriorate conversely, T3 cannot be shortened easily.

[0015] Moreover, T four (exposure time) includes the wafer exposure time and the stage stepping time between shots. For example, in the case of a scanning projection aligner like step - and - scanning method, although only the part which shortens the wafer exposure time needs to gather the relative scan speed of a reticle and a wafer, a scan speed cannot be easily gathered from synchronous precision deteriorating.

[0016] Moreover, as important conditions, \*\* resolution, \*\* depth of focus (DOF:Depth of Forcus), and \*\* line breadth control precision are mentioned besides the above-mentioned throughput side with this kind of projection aligner. When exposure wavelength is set to  $\lambda$  and numerical aperture of a projection lens is made into N.A. (Numerical Aperture), resolution R is proportional to  $\lambda / N.A.$ , and the depth of focus DOF is  $\lambda / 2 (N.A.)$ . It is proportional.

[0017] For this reason, for raising resolution R (the value of R is made small), it is necessary to make exposure wavelength  $\lambda$  small or, and it is necessary to enlarge numerical-aperture N.A. Especially, recently, densification, such as a semiconductor device, is progressing, and since a device rule is becoming below 0.2micromL/S (Rhine - and - tooth space), in order to expose these patterns, KrF excimer laser is used as a source of the illumination light. However, as mentioned above, the degree of integration of a semiconductor device of going up further in the future is inevitable, and development of equipment equipped with the light source [ short wavelength / KrF ] is desired. Although equipment, an electron ray aligner, etc. which made ArF excimer laser the light source are typically mentioned as a



candidate of the equipment of the next generation equipped with such the short wavelength light source. In the case of ArF excimer laser, light hardly penetrates in a place with oxygen. When it is hard to come out of high power, the life of laser is also short, and the technical technical problem that equipment cost is high has accumulated. Moreover, since there is un-arranging [ that a throughput is remarkable and it is low compared with an optical aligner ] in the case of an electron ray aligner, as for development of the next-generation machine which made short wavelength-ization the main viewpoints, not going so that it may consider is actual.

[0018] Although enlarging numerical-aperture N.A. is also considered as other technique of raising resolution R, when N.A. is enlarged, there is a demerit that DOF of projection optics becomes small. This DOF can be divided roughly into UDOF(s) (the part used by the User Depth of Focus: user side: a pattern level difference, resist thickness, etc.), and the own comprehensive focal difference of equipment. Until now, since the ratio of UDOF was large, the direction which takes large DOF is the main shaft of aligner development, it considers as the technique of taking this large DOF, for example, deformation lighting etc. is put in practical use.

[0019] By the way, although it is necessary to form on a wafer the pattern with which last shipment (Rhine - and - tooth space), Isolation L (Rhine), Isolation S (tooth space) and CH (contact hole), etc. combined in order to manufacture a device, the exposure parameters for performing the optimal exposure for every pattern configurations, such as the above-mentioned last shipment and isolated Rhine, differ. For this reason, it is performed that resolution asks for common exposure parameters (the coherence factor sigma, N.A., exposure control precision, reticle drawing precision, etc.) with which it becomes in a predetermined allowable error, and predetermined DOF is obtained to desired value, and makes this the specification of an aligner conventionally using the technique of ED-TREE (CH from which a reticle differs removes). However, it is thought that there is the following technical flow from now on.

[0020] \*\* By improvement in process technical (wafer top flattening), the reduction in a pattern level difference and resist thickness reduction may progress, and UDOF may become less than [ 1micrometer base ->0.4micrometer ].

[0021] \*\* Exposure wavelength has short-wavelength-ized with g line (436nm) ->i line (365nm) ->KrF (248nm). However, only the light source to ArF (193) is examined and the technical hurdle is also high from now on. It shifts to EB exposure after that.

[0022] \*\* It is expected that scan exposure like step - and - scan becomes the mainstream of a stepper instead of quiescence exposure like step-and-repeat one. Large field exposure is possible for this technique at the small projection optics of a path (especially the scanning direction), and it tends to realize that part quantity N.A.-ization.

[0023] The above technical trends are made into a background, a double exposure method is improved as an approach of raising marginal resolution, in this double exposure method, it uses for an ArF aligner in the future, and KrF and the attempt in which it will expose to 0.1micromL/S are examined. Generally a double exposure method is divided roughly into the following three approaches.

[0024] (1) Form in a separate reticle last shipment and the isolated line by which exposure parameters differ, and expose to a duplex on the same wafer according to the optimal exposure conditions respectively.

[0025] (2) When a phase shift method etc. is introduced, marginal resolution of last shipment is higher than an isolated line at the same DOF. By using this, all patterns are formed by last shipment by the reticle of the 1st sheet, and an isolated line is formed by operating last shipment on a curtailed schedule in the reticle of the 2nd sheet.

[0026] (3) Generally an isolated line can obtain resolution high at small N.A. from last shipment (however, DOF becomes small). Then, all patterns are formed by the isolated line and last shipment is formed with the combination of the isolated line formed by the reticle of the 2nd sheet with the 1st sheet, respectively.

[0027] The above-mentioned double exposure method has two effectiveness, the improvement in resolution, and the improvement in DOF.

[0028] However, since a double exposure method needs to perform exposure processing two or more times using two or more reticles, From there having been un-arranging [ that the exposure time (T four) became more than twice compared with conventional equipment, and a throughput deteriorated sharply ], actually The double exposure method is not examined not much earnestly, and improvement in resolution and the depth of focus (DOF) has been conventionally performed by ultraviolet-izing of

exposure wavelength, deformation lighting, the phase shift reticle, etc.

[0029] However, when the double exposure method described previously was used for KrF and an ArF aligner, and exposure to 0.1 micromL/S was realized, it does not have misgiving that it is the leading alternative of development of the next-generation machine aiming at the mass production of DRAM of 256M and 1G, and it looked forward to development of a new technique for improvement in the throughput which is the technical problem of the double exposure method used as the neck for it.

[0030] If four actuation mentioned above, i.e., wafer exchange, search alignment, fine alignment, and two or more actuation of the exposure actuation can be processed in [ that it is also partial ] concurrency about this Although it will be the requisite it to be thought compared with the case where these four actuation is performed sequentially for that a throughput can be raised, and to prepare two or more substrate stages for that purpose Although a theory top can regard this as easy, in order to prepare two or more substrate stages actually and to demonstrate sufficient effectiveness, many problems which must be solved have accumulated. For example, in arranging two substrate stages of magnitude comparable as the present condition [ only ], the installation area (the so-called footprint) of equipment increases remarkably, and there is un-arranging [ of causing the cost rise of the clean room on which an aligner is put ]. Moreover, since it is necessary to expose by performing alignment of the pattern image of a mask, and an induction substrate using the result of the alignment after performing alignment to the induction substrate on the same substrate stage, in order to realize highly precise superposition, the solution with realistic making one side only into for example, for exposure between two substrate stages, and only making another side only into for alignment etc. cannot change.

[0031] This invention was made under this situation and the 1st purpose is in offering the projection aligner which can attain improvement in a throughput, and small and lightweight-izing of a substrate stage by parallel processing of exposure actuation, alignment actuation, etc.

[0032] Moreover, the 2nd purpose of this invention is to offer the projection exposure approach which can attain improvement in a throughput, and small and lightweight-izing of a stage.

[0033]

[Means for Solving the Problem] Invention according to claim 1 is a projection aligner which carries out projection exposure of the image of the pattern formed in the mask (R) on an induction substrate (W1, W2) through projection optics (PL). Hold an induction substrate (W1) and the movable 1st substrate stage (WS1) and; induction substrate (W2) are held for the inside of a two-dimensional flat surface. The inside of the same flat surface is independently established in the 2nd substrate stage (WS2) where said 1st substrate stage (WS1) is independently movable, and the; aforementioned projection optics (PL) as said 1st substrate stage (WS1). On said substrate stage (WS1, WS2) Or the alignment system for detecting the mark on the induction substrate (W1, W2) held on said substrate stage (WS1, WS2) (for example, 24a); the projection core of said projection optics (PL), and the detection core of said alignment system (24a) The 1st length measurement shaft which always measures the location of said 1st shaft orientations of said 1st substrate stage (WS1) from the one side of the 1st shaft orientations along which it passes (BI1X), The 2nd length measurement shaft which always measures the location of said 1st shaft orientations of said 2nd substrate stage (WS2) from the other side of said 1st shaft orientations (BI2X), The 3rd length measurement shaft which intersects said 1st shaft and perpendicular focusing on projection of said projection optics (PL) (BI3Y), It has the 4th length measurement shaft (BI4Y) which intersects said 1st shaft and perpendicular focusing on detection of said alignment system (24a). With these length measurement shafts (BI1X-BI4Y) The location of one stage of said 1st substrate stage (WS1) and the 2nd substrate stages (WS2) Interferometer systems which measure the two-dimensional location of said 1st and 2nd substrate stage (WS1 and WS2), respectively; the measurement value of said 3rd length measurement shaft (BI3Y) of said interferometer systems While the induction substrate which used, was managed and was held on one [ this ] stage is exposed Said 1st substrate stage (WS1) The physical relationship of the alignment mark on the induction substrate held on the stage of another side of the 2nd substrate stages (WS2) and the reference point on the stage of said another side and the detection result of said alignment system (24a), and the measurement value of the 4th length measurement shaft (BI4Y) of said interferometer systems After controlling actuation of said two substrate stages (WS1, WS2) to be used and detected While resetting the interferometer of said 3rd length measurement shaft (BI3Y) using the measurement value of said 3rd length measurement shaft (BI3Y) in the condition in which location measurement of the stage of said another side is possible It has the control means (90) and; which control actuation of the stage of said another side so that the origin/datum on the stage of said another side is positioned in the location which can detect physical

relationship with the predetermined origin/datum in the projection field of said projection optics (PL). [0034] Since the location of the 1st shaft orientations of the 1st substrate stage and the 2nd substrate stage is measured with the 1st length measurement shaft of interferometer systems, and the 2nd length measurement shaft according to this, if the location of a direction perpendicular to the 1st shaft orientations also about which substrate stage is correctly measured at the time of alignment mark measurement etc. at the time of exposure, the two-dimensional location of the 1st and 2nd substrate stage is manageable. In this case, while the induction substrate which the location of one stage of the 1st substrate stage and the 2nd substrate stages was managed using the measurement value of the 3rd length measurement shaft of interferometer systems, and was held in the control means on one [ this ] stage is exposed The physical relationship of the alignment mark on the induction substrate held on the stage of another side of the 1st substrate stage and the 2nd substrate stages and the reference point on the stage of another side the detection result of an alignment system, and the measurement value of the 4th length measurement shaft of interferometer systems After controlling actuation of two substrate stages to be used and detected, while using the measurement value of the 3rd length measurement shaft and resetting the interferometer of the 3rd length measurement shaft in the condition in which location measurement of the stage of another side is possible Actuation of the stage of another side is controlled so that the origin/datum on the stage of another side is positioned in the location which can detect physical relationship with the predetermined origin/datum in the projection field of projection optics.

[0035] Namely, the induction substrate held in the control means on one [ said ] stage is received. While exposure of the pattern image of the mask through projection optics is performed managing the location of one stage without an Abbe error using the measurement value of the 3rd length measurement shaft which crosses focusing on projection of projection optics at right angles to the length measurement shaft (the 1st length measurement shaft and the 2nd length measurement shaft) of the 1st shaft orientations The measurement value of the 4th length measurement shaft with which the physical relationship of the alignment mark on the induction substrate held on the stage of another side and the reference point on the stage of another side crosses focusing on detection of the detection result of an alignment system, and an alignment system at right angles to the length measurement shaft (the 1st length measurement shaft and the 2nd length measurement shaft) of the 1st shaft orientations Actuation of two substrate stages is controllable to use and to be detected correctly without an Abbe error. Thus, since exposure actuation on one substrate stage and alignment actuation on the stage of another side can be performed in parallel, it is possible to aim at improvement in a throughput.

[0036] Moreover, after actuation of both the above-mentioned stages is completed, while resetting the interferometer of the 3rd length measurement shaft in the condition in which location measurement of the stage of another side is possible using the measurement value of the 3rd length measurement shaft, actuation of the stage of another side is controlled by the control means so that the origin/datum on the stage of another side is positioned in the location which can detect physical relationship with the predetermined origin/datum in the projection field of projection optics. for this reason, about the stage of another side (alignment was completed) where the physical relationship of the reference point on a stage and the alignment mark on an induction substrate was measured Even if the 4th length measurement shaft used at the time of measurement of an alignment mark lapses into measurement disabling The location can be managed now using the measurement value of the 3rd length measurement shaft that there is nothing inconvenient [ what etc. ]. The physical relationship of the reference point on the stage of another side and the predetermined reference point in the projection field of projection optics is detected, and it becomes possible to expose performing alignment of the projection field of projection optics, and an induction substrate using this physical relationship, said alignment measurement result, and the measurement value of the 3rd length measurement shaft. That is, since it becomes possible to perform location management of the stage of another side at the time of exposure with another length measurement shaft even if the length measurement shaft which had managed the location of the stage of another side at the time of alignment serves as measurement impossible, the stage reflector for reflecting the interferometer beam of each above-mentioned length measurement shaft can be miniaturized, and, thereby, a substrate stage can be miniaturized.

[0037] Invention according to claim 2 is set to a projection aligner according to claim 1. It has another alignment system (24b) which has a detection core on said 1st shaft in the opposite side of said alignment system (24a) about said projection optics (PL). Said interferometer systems It has the 5th length measurement shaft (BI5Y) which intersects said 1st shaft and perpendicular focusing on detection of said another alignment system (24b). Said control means (90) While the induction substrate which the

location of one [ said ] stage was managed using the measurement value of said 3rd length measurement shaft (BI3Y) of said interferometer systems, and was held on one [ this ] stage is exposed So that the physical relationship of the alignment mark on the induction substrate held on the stage of said another side and the reference point on the stage of said another side may be detected using the detection result of said alignment system, and the measurement value of the 4th length measurement shaft (BI4Y) of said interferometer systems actuation of said two substrate stages After controlling, while using the measurement value of said 5th length measurement shaft (BI5Y) and resetting the interferometer of said 5th length measurement shaft (BI5Y) in the condition in which location measurement of one [ said ] stage is possible It is characterized by controlling actuation of one [ said ] stage so that the origin/datum on one [ said ] substrate stage is positioned in the detection field of said another alignment system (24b). [0038] As opposed to the induction substrate which was held by the control means on one [ said ] stage according to this While exposure of the pattern image of the mask through projection optics is performed managing the location of one stage without an Abbe error using the measurement value of the 3rd length measurement shaft which crosses focusing on projection of projection optics at right angles to the length measurement shaft (the 1st length measurement shaft and the 2nd length measurement shaft) of the 1st shaft orientations The measurement value of the 4th length measurement shaft with which the physical relationship of the alignment mark on the induction substrate held on the stage of another side and the reference point on the stage of another side crosses focusing on detection of the detection result of an alignment system, and an alignment system at right angles to the length measurement shaft (the 1st length measurement shaft and the 2nd length measurement shaft) of the 1st shaft orientations Actuation of two substrate stages can be controlled, it will do in this way, and exposure actuation on one substrate stage and alignment actuation on the stage of another side will be performed in parallel so that it may use and may be detected correctly without an Abbe error.

[0039] Moreover, in the detection field of another alignment system, after actuation of both the above-mentioned stages is completed, while resetting the interferometer of the 5th length measurement shaft in the condition in which location measurement of one stage is possible using the measurement value of the 5th length measurement shaft, the origin/datum on one substrate stage controls actuation of a stage by the control means so that while is positioned. The exposure to an induction substrate was completed by while. For this reason, about a stage Even if the 3rd length measurement shaft used at the time of exposure will be in measurement disabling, that there is nothing inconvenient [ what etc. ] The location can be managed now without an Abbe error using the measurement value of the 5th length measurement shaft which crosses focusing on detection of another alignment system at right angles to the length measurement shaft (the 1st length measurement shaft and the 2nd length measurement shaft) of the 1st shaft orientations. The location of the ARAMENTO mark of the induction substrate held by another alignment system on the location of the origin/datum on one substrate stage and one stage can be succeedingly measured now to exposure. Therefore, shift two substrate stages to the 1st shaft orientations, and location measurement of the substrate stage of another side which alignment actuation ended resets the interferometer of the 3rd length measurement shaft in the possible condition using the measurement value of the 3rd length measurement shaft. When while was completed and exposure actuation resets the interferometer of the 5th length measurement shaft in the condition in which location measurement of a stage is possible using the measurement value of the 5th length measurement shaft, it becomes possible to change easily the exposure actuation by the side of one stage, and the exposure actuation by the side of the stage of another side.

[0040] In having further the carrier system (180-200) which delivers an induction substrate (W1, W2) like invention according to claim 3 between the 1st substrate stage (WS1) and the 2nd substrate stage (WS2), in this case, said control means It is desirable that it is made to deliver a substrate between one [ said ] stage and said carrier system (180-200) where the origin/datum on one [ said ] substrate stage is positioned in the detection field of said another alignment system (24b). Since delivery of a substrate is performed between one stage and carrier system in addition to a change in the above-mentioned exposure actuation and alignment actuation where the origin/datum on one substrate stage is positioned in the detection field of another alignment system with reset of the 5th length measurement shaft of interferometer systems by the control means when doing in this way, the location measurement of an origin/datum and the exchange of an induction substrate which are alignment initiation actuation can be performed by the quiescent state of a substrate stage. Furthermore, since it becomes possible to perform actuation of the time amount T1, the time amount T2, and time amount T3 which were explained previously by one substrate stage side in addition to the transit time of the substrate stage from a

substrate exchange location to an alignment starting position serving as zero, and to operate time amount T four by the substrate stage side of another side, even if compared with the case of invention according to claim 2, it becomes possible to aim at improvement in a throughput further.

[0041] Invention according to claim 4 is set to a projection aligner according to claim 1. On said 1st substrate stage (WS1) and said 2nd substrate stage (WS2), the reference mark (MK1, MK2, MK3) as a reference point of said stage is formed, respectively. The predetermined reference point in the projection field of said projection optics (PL) is based on projection of the pattern image of said mask (R). It is characterized by having further a mark location detection means (142,144) to detect the relative-position relation between the projection core of the pattern image of said mask (R), and the reference mark on said stage through said mask (R) and said projection optics (PL).

[0042] As opposed to the induction substrate which was held by the control means on one stage according to this While exposure of the pattern image of the mask through projection optics is performed managing the location of one stage without an Abbe error using the measurement value of the 3rd length measurement shaft So that the physical relationship of the alignment mark on the induction substrate held on the stage of another side and the reference mark on the stage of another side (MK2) may be detected correctly without an Abbe error using the detection result of an alignment system (24a), and the measurement value of the 4th length measurement shaft Actuation of two substrate stages can be controlled, it will do in this way, and exposure actuation on one substrate stage and alignment actuation on the stage of another side will be performed in parallel.

[0043] Moreover, after actuation of both the above-mentioned stages is completed, while resetting the interferometer of the 3rd length measurement shaft in the condition in which location measurement of the stage of another side is possible using the measurement value of the 3rd length measurement shaft, actuation of the stage of another side is controlled by the control means so that the origin/datum on the stage of another side (MK1, MK3) is positioned in the location which can detect the physical relationship based on [ of the pattern image of a mask ] projection. for this reason, about the stage of another side where the physical relationship of the reference point on a stage (MK2) and the alignment mark on an induction substrate was measured Even if the 4th length measurement shaft used at the time of measurement of an alignment mark will be in measurement disabling The location can be managed now using the measurement value of the 3rd length measurement shaft that there is nothing inconvenient [ what etc. ]. Are detectable using a mark location detection means (142,144) to detect the reference point on the stage of another side (MK1, MK3), and the relative-position relation based on [ of the pattern image of a mask ] projection through a mask (R) and projection optics (PL). It becomes possible to expose performing alignment of the pattern image of a mask and induction substrate by projection optics (PL) using this physical relationship, said alignment measurement result, and the measurement value of the 3rd length measurement shaft.

[0044] Invention according to claim 5 is the projection exposure approach which carries out projection exposure of the image of the pattern of a mask (R) on an induction substrate (W1, W2) through projection optics (PL). While an induction substrate (W1, W2) is held, two independently movable substrate stages (WS1, WS2) are respectively prepared for the inside of the same flat surface and a; predetermined interferometer performs one location measurement of said two stages Projection exposure of the pattern image of said mask is carried out on the induction substrate held on one [ this ] stage. While an interferometer other than said predetermined interferometer performs location measurement of the stage of another side of said two stages during exposure of the substrate held on one [ said ] stage After exposure termination of the induction substrate which measured the physical relationship of the alignment mark on the induction substrate held on the stage of this another side, and the origin/datum on the stage of said another side, and was held on; aforementioned one stage While resetting said predetermined interferometer with said predetermined interferometer in the condition in which location measurement of the stage of said another side is possible It is based on the physical relationship by which positioned the origin/datum of the stage of said another side in the location which can detect physical relationship with the predetermined origin/datum in the projection field of said projection optics, and the; aforementioned measurement was carried out. It is characterized by performing alignment of the induction substrate and the pattern image of a mask which were held on the stage of said another side using said reset predetermined interferometer.

[0045] According to this, measurement (alignment actuation) of the physical relationship of exposure actuation of the induction substrate held on one stage, and the alignment mark of the induction substrate held on the stage of another side and the reference point on this stage is performed in parallel. Under the

present circumstances, the location of one stage is managed by the predetermined interferometer, and the location of the stage of another side is managed by another interferometer. And after the exposure actuation by the side of one stage is completed, while the predetermined interferometer is reset in the condition in which location measurement of the stage of another side is possible by the predetermined interferometer which had managed the location of the stage which is one side till then, the origin/datum of the stage of another side is positioned in the location which can detect physical relationship with the predetermined origin/datum in the projection field of projection optics. Then, based on the physical relationship of the alignment mark on the induction substrate held on the stage of another side measured previously, and the origin/datum on the stage of another side, alignment of the induction substrate and the pattern image of a mask which were held on the stage of another side using the reset predetermined interferometer is performed, and projection exposure of the pattern image of a mask is carried out on an induction substrate.

[0046] Namely, after exposure actuation of the induction substrate held on one substrate stage and alignment actuation of the induction substrate held on the stage of another side are performed in parallel If the stage of another side is moved to the direction of projection optics in parallel to one substrate stage evacuating to a predetermined substrate exchange location and the stage of the another side comes the location to a location measurable [ with a predetermined interferometer ] The predetermined interferometer concerned is reset. The predetermined reference point in the projection field of projection optics If the reference point of the stage of another side is positioned in the location which can detect the physical relationship (for example, based on [ of the pattern image of a mask ] projection) and both physical relationship is detected This detection result Alignment of the induction substrate and the pattern image of a mask which were held on the stage of another side is performed at the time of exposure, managing a location with the predetermined interferometer after reset based on the physical relationship of the reference point on the stage previously measured on the occasion of alignment actuation, and an alignment mark.

[0047] Therefore, while being able to aim at improvement in a throughput by performing exposure actuation of the induction substrate on one substrate stage, and alignment actuation of the induction substrate on the substrate stage of another side in parallel Even if another interferometer which had managed the location of the stage of another side at the time of alignment serves as measurement impossible Since it becomes possible to perform location management of the stage of another side at the time of exposure with a predetermined interferometer, the stage reflector for reflecting the interferometer beam of each above-mentioned interferometer can be miniaturized, and, thereby, a substrate stage can be miniaturized.

[0048] Invention according to claim 6 is a projection aligner which carries out projection exposure of the image of the pattern formed in the mask (R) on an induction substrate (W1, W2) through projection optics (PL). Hold an induction substrate (W1) and the movable 1st substrate stage (WS1) and; induction substrate (W2) are held for the inside of a two-dimensional flat surface. The inside of the same flat surface is independently established in the 2nd substrate stage (WS2) where said 1st substrate stage (WS1) is independently movable, and the; aforementioned projection optics (PL) as said 1st substrate stage (WS1). The alignment system for detecting the mark on the induction substrate held on the reference mark and said substrate stage on said substrate stage (WS1, WS2) (for example, 24a); the projection core of said projection optics (PL), and the detection core of said alignment system (24a) The 1st length measurement shaft for measuring the location of said 1st shaft orientations of said 1st substrate stage (WS1) from the one side of the 1st shaft orientations along which it passes (BI1X), The 2nd length measurement shaft for measuring the location of said 1st shaft orientations of said 2nd substrate stage (WS2) from the other side of said 1st shaft orientations (BIX2), The 3rd length measurement shaft which intersects perpendicularly with said 1st shaft focusing on projection of said projection optics (PL) (BI3Y), It has the 4th length measurement shaft (BI4Y) which intersects perpendicularly with said 1st shaft focusing on detection of said alignment system (24a). With these length measurement shafts (BI1X-BI4Y) The location of one stage of said 1st substrate stage (WS1) and said 2nd substrate stages (WS2) Interferometer systems which measure the two-dimensional location of said 1st and 2nd substrate stage (WS1 and WS2), respectively; the 3rd length measurement shaft (BI3Y) of said interferometer systems While exposing the induction substrate on one [ this ] stage, using and managing While searching for the physical relationship of the mark on the induction substrate held on the stage of said another side, and the reference mark on the stage of said another side using said alignment system (24a), managing the location of the stage of said another side using the 4th length



measurement shaft (BI4Y) of said interferometer systems After exposure of the induction substrate held on one [ said ] stage It has the control means (90) and; which search for the physical relationship of the projection location of the pattern image of said mask by said projection optics (PL), and the reference mark on the stage of said another side, managing the location of the stage of said another side using said 3rd length measurement shaft (BI3Y).

[0049] While exposing the induction substrate on one [ this ] stage by the control means according to this, managing the location of one stage of the 1st substrate stage and the 2nd substrate stages using the measurement value of the 3rd length measurement shaft of interferometer systems While searching for the physical relationship of the mark on the induction substrate held on the stage of another side, and the reference mark on the stage of another side using an alignment system The physical relationship of the projection location of the pattern image of the mask by projection optics and the reference mark on the stage of another side is searched for using the 3rd length measurement shaft and managing the location of the stage of another side after exposure of the induction substrate held on one stage.

[0050] Namely, the induction substrate held in the control means on one [ said ] stage is received. While exposure of the pattern image of the mask through projection optics is performed managing the location of one stage without an Abbe error using the measurement value of the 3rd length measurement shaft which intersects perpendicularly with the length measurement shaft (the 1st length measurement shaft and the 2nd length measurement shaft) of the 1st shaft orientations focusing on projection of projection optics The measurement value of the 4th length measurement shaft which intersects perpendicularly with the length measurement shaft (the 1st length measurement shaft and the 2nd length measurement shaft) of the 1st shaft orientations the physical relationship of the mark on the induction substrate held on the stage of another side, and the reference mark on the stage of another side focusing on detection of the detection result of an alignment system, and an alignment system Since it can use, it can detect correctly without an Abbe error, it can do in this way and exposure actuation on one substrate stage and alignment actuation on the stage of another side can be performed in parallel, it is possible to aim at improvement in a throughput.

[0051] Moreover, in a control means, the physical relationship of the projection location of the pattern image of the mask by projection optics and the reference mark on the stage of another side is searched for, using the 3rd length measurement shaft and managing the location of the stage of another side after exposure of the induction substrate held on one stage, i.e., termination of both the above-mentioned stages of operation. for this reason, about the stage of another side (alignment was completed) where the physical relationship of the reference mark on a stage and the alignment mark on an induction substrate was measured Even if the 4th length measurement shaft used at the time of measurement of an alignment mark lapses into measurement disabling The location can be managed now using the measurement value of the 3rd length measurement shaft that there is nothing inconvenient [ what etc. ]. It asks for the relation between the reference mark on the stage of another side, and the projection location of the pattern image of the mask by projection optics. It becomes possible to expose performing alignment of the projection field of projection optics, and an induction substrate using this physical relationship, said alignment measurement result, and the measurement value of the 3rd length measurement shaft. That is, since another length measurement shaft performs location management of the stage of another side at the time of exposure even if the length measurement shaft which had managed the location of the stage of another side at the time of alignment serves as measurement impossible, the stage reflector for reflecting the interferometer beam of each above-mentioned length measurement shaft can be miniaturized, and, thereby, a substrate stage can be miniaturized.

[0052] In this case, it is after exposure of the induction substrate held like invention according to claim 7 on one [ said ] stage, and when searching for the physical relationship of the projection location of the pattern image of said mask (R) by said projection optics (PL), and the reference mark on the stage of said another side, you may make it reset the measurement value of the 3rd length measurement shaft (BI3Y) of said interferometer systems.

[0053] Invention according to claim 8 is set to a projection aligner given in above-mentioned claim 6. Said control means (90) the physical relationship of the mark on the induction substrate held on the stage of said another side, and the reference mark on the stage of the another side -- and When the physical relationship of the projection location of the pattern image of said mask by said projection optics and the reference mark on the stage of said another side is searched for It is characterized by exposing the induction substrate held on the stage of said another side, controlling the location of the stage of said another side based on the measurement result of the 3rd length measurement shaft of \*\*\*\*\*.

[0054] the physical relationship (a sensor with this same --) of the mark on the induction substrate which was held on the stage of another side according to this, and the reference mark on the stage of the another side that is, and it asks by the alignment system Since the induction substrate held on the stage of another side is exposed controlling the location of the stage of another side based on the measurement result of the 3rd length measurement shaft when searching for the physical relationship of the projection location of the pattern image of the mask by projection optics, and the reference mark on the stage of another side Even if the 4th length measurement shaft which had managed the location of the stage of another side serves as measurement impossible when the physical relationship is searched for after searching for the physical relationship of the mark on the induction substrate held on the stage of another side, and the reference mark on the stage of the another side It becomes possible to position an induction substrate in an exposure location with high precision in the case of exposure, without any un-arranging arising.

[0055] In this case, as for said control means (90), it is desirable like invention according to claim 9 that the stage of said another side is positioned and it is made to exchange an induction substrate after exposure of the induction substrate held on the stage of said another side so that the reference mark on the stage of said another side may enter in the detection field of said alignment system.

[0056] Since substrate exchange on the stage of another side is performed by the control means where the reference mark on the substrate stage of another side is positioned in the detection field of an alignment system when doing in this way, alignment initiation actuation and exchange of an induction substrate can be performed by the quiescent state of a substrate stage. Furthermore, since it becomes possible to perform actuation of the time amount T1, the time amount T2, and time amount T3 which were explained previously by the substrate stage side of another side in addition to the transit time of the substrate stage from a substrate exchange location to an alignment starting position serving as zero, and to operate time amount T four by one substrate stage side, improvement in a throughput is possible.

[0057] Moreover, when detecting the reference mark on the stage of said another side by said alignment system, you may make it reset the measurement value of the 4th length measurement shaft of said interferometer systems like invention according to claim 10 in this case.

[0058] Invention according to claim 11 is a projection aligner which carries out projection exposure of the image of the pattern formed in the mask (R) on an induction substrate (W) through projection optics (PL). Hold an induction substrate (W1) and the movable 1st substrate stage (WS1) and; induction substrate (W2) are held for the inside of a two-dimensional flat surface. The inside of the same flat surface as said 1st substrate stage (WS1) Said 1st substrate stage Said projection optics (PL) is established independently. the 2nd substrate stage (WS2) where (WS1) is independently movable, and; - the carrier system (180-200) and; which deliver an induction substrate between said 1st substrate stage (WS1) and said 2nd substrate stage (WS2) -- The reference mark on said substrate stage And the mark on the induction substrate held on said substrate stage The alignment system for detecting (for example, 24a); while one stage of said 1st substrate stages (WS1) and said 2nd substrate stages (WS2) delivers an induction substrate between said carrier system (180-200) It has the control means (90) which controls said two substrate stages so that the stage of another side performs exposure actuation. This control means (90) When one [ said ] stage delivers an induction substrate between said carrier system, it is characterized by controlling one [ said ] stage so that the reference mark on one [ said ] stage enters in the detection field of said alignment system.

[0059] According to this, actuation of both stages is controlled so that the stage of another side performs exposure actuation by the control means, while one stage of the 1st substrate stage and the 2nd substrate stages delivers an induction substrate between carrier system. Therefore, parallel processing of actuation of the time amount T1 explained previously and the actuation of time amount T four can be carried out. Moreover, a control means can perform the location measurement of a reference mark and the exchange of an induction substrate which are alignment initiation actuation since a stage is controlled so that the reference mark on one stage enters in the detection field of an alignment system in while when one stage delivers an induction substrate between carrier system by the quiescent state of a substrate stage. Furthermore, it becomes possible to perform actuation of the time amount T1, the time amount T2, and time amount T3 which were explained previously by one substrate stage side in addition to the transit time of the substrate stage from a substrate exchange location to an alignment starting position serving as zero, and to operate time amount T four by the substrate stage side of another side. Therefore, it becomes possible to raise a throughput compared with the conventional sequential processing in which time amount (T1+T2+T3+T four) was required.



[0060]

[Embodiment of the Invention]

<< -- 1st operation gestalt>> -- the 1st operation gestalt of this invention is hereafter explained based on drawing 1 thru/or drawing 15 .

[0061] The outline configuration of the projection aligner 10 concerning 1 operation gestalt is shown in drawing 1 . This projection aligner 10 is a projection aligner of the scan exposure mold of so-called step - and - scanning method.

[0062] The 1st by which the base board 12 top is held, respectively and this projection aligner 10 moves independently the wafers W1 and W2 as an induction substrate in the two-dimensional direction in it, stage equipment equipped with the wafer stages WS1 and WS2 as 2nd substrate stage, The reticle R as a mask in the upper part of the projection optics PL arranged above this stage equipment, and projection optics PL A predetermined scanning direction mainly, Here, it has the control system which controls the reticle drive driven to Y shaft orientations (the space rectangular cross direction in drawing 1 ), the illumination system which illuminates Reticle R from the upper part, and these each part.

[0063] said stage equipment carries out surfacing support through a non-illustrated air bearing on the base board 12 -- having -- X shaft orientations (space longitudinal direction in drawing 1 ), and Y shaft orientations (the space rectangular cross direction in drawing 1 ) -- becoming independent -- two-dimensional -- it has two movable wafer stages WS1 and WS2, the stage drive system which drives these wafer stages WS1 and WS2, and the interferometer systems which measure the location of the wafer stages WS1 and WS2.

[0064] If this is explained further in full detail, the non-illustrated air pad (for example, vacuum precompression mold air bearing) is prepared in the base of the wafer stages WS1 and WS2 at two or more places, and where spacing of several microns is maintained by balance of air \*\*\*\*\* of this air pad, and a vacuum precharge pressure, surfacing support is carried out on the base board 12.

[0065] On the base board 12, as shown in the top view of drawing 3 , the X-axis linear guides (for example, a thing like the fixed side magnet of the so-called linear motor of a moving coil type) 122 and 124 of two prolonged in X shaft orientations are formed in parallel, and two movable migration members 114 and 118 each, and 116 and 120 are attached along with the X shaft each linear guide concerned at these X-axis linear guides 122 and 124, respectively. The non-illustrated drive coil is attached in the bottom surface part of these four migration members 114, 118, 116, and 120, respectively so that the X-axis linear guide 122 or 124 may be surrounded from the upper part and the side, and the linear motor of the moving coil type which drives each migration members 114, 116, 118, and 120 to X shaft orientations is constituted by these drive coils, the X-axis linear guide 122, or 124, respectively. However, in the following explanation, the above-mentioned migration members 114, 116, 118, and 120 shall be called an X-axis linear motor for convenience.

[0066] Among these, two X-axis linear motors 114 and 116 are formed in the both ends of the Y-axis linear guide (for example, a thing like the fixed side coil of the linear motor of a MUBINGU magnet mold) 110 prolonged in Y shaft orientations, respectively, and remaining two X-axis linear motors 118 and 120 are being fixed to the both ends of the same Y-axis linear guide 112 prolonged in Y shaft orientations. Therefore, the Y-axis linear guide 110 is driven along with the X-axis linear guides 122 and 124 with the X-axis linear motors 114 and 116, and drives the Y-axis linear guide 112 along with the X-axis linear guides 122 and 124 with the X-axis linear motors 118 and 120.

[0067] On the other hand, the magnet which is not illustrated [ which surrounds one Y-axis linear guide 110 from the upper part and the side ] is prepared in the pars basilaris ossis occipitalis of the wafer stage WS 1, and the linear motor of the MUBINGU magnet mold which drives the wafer stage WS 1 to Y shaft orientations with this magnet and the Y-axis linear guide 110 is constituted. Moreover, the magnet which is not illustrated [ which surrounds the Y-axis linear guide 112 of another side from the upper part and the side ] is prepared in the pars basilaris ossis occipitalis of the wafer stage WS 2, and the linear motor of the MUBINGU magnet mold which drives the wafer stage WS 2 to Y shaft orientations with this magnet and the Y-axis linear guide 112 is constituted.

[0068] That is, the stage drive system which carries out independently XY two-dimensional drive of the wafer stages WS1 and WS2 with the magnet which is not illustrated [ of the X-axis linear guides 122 and 124 mentioned above, the X-axis linear motors 114, 116, 118, and 120, the Y-axis linear guides 110 and 112 and the wafer stage WS 1, and WS2 pars basilaris ossis occipitalis ] consists of these operation gestalten. This stage drive system is controlled by the stage control unit 38 of drawing 1 .

[0069] In addition, it is carrying out adjustable [ of the torque of the X-axis linear motors 114 and 116 of

a pair prepared in the both ends of the Y-axis linear guide 110 ] a little, and it is also possible to make the wafer stage WS 1 generate very small yawing, or to remove on it. It is similarly carrying out adjustable [ of the torque of the X-axis linear motors 118 and 120 of a pair prepared in the both ends of the Y-axis linear guide 112 ] a little, and it is also possible to make the wafer stage WS 2 generate very small yawing, or to remove on it.

[0070] On said wafer stages WS [ WS1 and ] 2, wafers W1 and W2 are being fixed by vacuum adsorption etc. through the non-illustrated wafer holder. The minute drive of the wafer holder is carried out by the non-illustrated Z-theta drive in Z shaft orientations and the direction (hand of cut of the circumference of the Z-axis) of theta which intersect perpendicularly with XY flat surface. Moreover, it is installed in the top face of the wafer stages WS1 and WS2 so that the reference mark plates FM1 and FM2 with which various reference marks were formed may become the respectively almost same height as wafers W1 and W2. These reference mark plates FM1 and FM2 are used in case the criteria location of for example, each wafer stage is detected.

[0071] Moreover, the field 20 by the side of the X shaft orientations 1 of the wafer stage WS 1 (left lateral in drawing 1 ) and the field 21 by the side of the Y shaft orientations 1 (field by the side of the space back in drawing 1 ) It is the reflector where mirror plane finishing was made, and the field (right lateral in drawing 1 ) 22 of a side besides X shaft orientations of the wafer stage WS 2 and the field 23 by the side of one of Y shaft orientations are the reflector where mirror plane finishing was made similarly. By being projected on the interferometer beam of each length measurement shaft which constitutes the interferometer systems mentioned later, and receiving the reflected light with each interferometer, to these reflectors, the variation rate from the criteria location (generally a fixed mirror is arranged on a projection optics side face and the side face of alignment optical system, and let that be a datum plane) of each reflector is measured, and, thereby, the two-dimensional location of the wafer stages WS1 and WS2 is measured, respectively. In addition, the configuration of the length measurement shaft of interferometer systems is explained in full detail behind.

[0072] As said projection optics PL, it consists of two or more lens element which has the common optical axis of Z shaft orientations, and the contraction scale factor predetermined by the both-sides tele cent rucksack, for example, the dioptric system which has 1/5, is used here. For this reason, the passing speed of the scanning direction of the wafer stage at the time of scan exposure of step - and - scanning method is set to one fifth of the passing speed of a reticle stage.

[0073] The alignment systems 24a and 24b of the off-axis (off-axis) method which had the same function in the both sides of X shaft orientations of this projection optics PL as shown in drawing 1 are installed in the location which only the same distance separated from the optical-axis core (the projection core of a reticle pattern image, and coincidence) of projection optics PL, respectively. These alignment systems 24a and 24b have three kinds of alignment sensors, a LSA (Laser Step Alignment) system, a FIA (Filed Image Alignment) system, and a LIA (Laser Interferometric Alignment) system, and it is possible to perform X of the reference mark on a reference mark plate and the alignment mark on a wafer and location measurement of the Y two-dimensional direction.

[0074] Here, a LSA system irradiates a laser beam at a mark, is flexible sensor that measures a mark location using diffraction and the scattered light, and is used for a broad process wafer from the former. A FIA system illuminates a mark with broadband (broadband) light, such as a halogen lamp, by carrying out the image processing of this mark image, is a sensor which measures a mark location and is used effective in the unsymmetrical mark on an aluminum layer or the front face of a wafer. Moreover, a LIA system makes the two diffracted lights which irradiated the laser beam which changed the frequency into the diffraction-grating-like mark slightly from the 2-way, and were generated interfere, is a sensor which detects the positional information of a mark from the phase, and is used effective in a low level difference or a surface dry-area wafer.

[0075] With this operation gestalt, these three kinds of alignment sensors are properly used according to the purpose suitably, and the so-called search alignment which detects the location of the single dimension mark of three points on a wafer, and performs outline location measurement of a wafer, fine alignment which performs exact location measurement of each shot field on a wafer are performed.

[0076] In this case, alignment system 24a is used for location measurement of the reference mark formed on the alignment mark on the wafer W1 held on the wafer stage WS 1, and the reference mark plate FM 1 etc. Moreover, alignment system 24b is used for location measurement of the reference mark formed on the alignment mark on the wafer W2 held on the wafer stage WS 2, and the reference mark plate FM 2 etc.

[0077] A/D conversion of the information from each alignment sensor which constitutes these alignment systems 24a and 24b is carried out by the alignment control device 80, data processing of the digitized wave signal is carried out, and a mark location is detected. This result is sent to a main control unit 90, and the synchronous location amendment at the time of exposure etc. is directed from a main control unit 90 to a stage control unit according to that result.

[0078] Furthermore, although illustration was omitted at drawing 1 in the aligner 10 of this operation gestalt As [ show / at drawing 5 / above Reticle R ] Projection optics PL is minded. As a mark location detection means of the pair which consists of the TTR (Through The Reticle) alignment optical system using the exposure wavelength for observing the reticle mark on Reticle R (illustration abbreviation), and the mark on the reference mark plates FM [ FM1 and ] 2 to coincidence The \*\* reticle alignment microscopes 142 and 144 are formed. The detecting signal of these reticle alignment microscopes 142 and 144 is supplied to a main control unit 90. In this case, if the deviation mirrors 146 and 148 for leading the detection light from Reticle R to the reticle alignment microscopes 142 and 144, respectively are arranged free [ migration ] and an exposure sequence is started, the deviation mirrors 146 and 148 will shunt with a non-illustrated mirror driving gear under the command from a main control unit 90, respectively. In addition, since it is indicated by JP,7-176468,A etc., a configuration equivalent to the reticle alignment microscopes 142 and 144 is omitted about detailed explanation here.

[0079] Moreover, although illustration was omitted in drawing 1 , as shown in drawing 4 , the automatic focus / auto leveling measuring machine styles 130, 132, and 134 for investigating a focus location (henceforth a "AF/AL system") are formed in each of projection optics PL and the alignment systems 24a and 24b. In order for the AF/AL system 132 to imprint the pattern on Reticle R correctly on a wafer (W1 or W2) by scanning exposure among this From the pattern formation side on Reticle R and the exposure side of Wafer W being conjugate about projection optics PL It is prepared in order to detect whether the exposure side of Wafer W has agreed within the limits of the depth of focus in the image surface of projection optics PL (is it focusing or not?). With this operation gestalt, the so-called multipoint AF system is used as an AF/AL system 132.

[0080] Here, the detail configuration of the multipoint AF system which constitutes this AF/AL system 132 is explained based on drawing 5 and drawing 6 .

[0081] This AF/AL system (multipoint AF system) 132 consists of exposure optical system 151 which consists of an optical fiber bundle 150, a condenser lens 152, the pattern formation plate 154, a lens 156, a mirror 158, and the exposure objective lens 160, and condensing optical system 161 which consists of the condensing objective lens 162, the hand-of-cut diaphragm 164, the image formation lens 166, and an electric eye 168, as shown in drawing 5 .

[0082] Here, above-mentioned each part of a configuration of this AF/AL system (multipoint AF system) 132 is explained with that operation.

[0083] The illumination light of wavelength which does not expose the photoresist on a different wafer W1 (or W2) from the exposure light EL is drawn through an optical fiber bundle 150 from the source of the illumination light which is not illustrated, and the illumination light injected from this optical fiber bundle 150 illuminates the pattern formation plate 154 through a condenser lens 152. The illumination light which penetrated this pattern formation plate 154 is projected on the exposure side of Wafer W through a lens 156, a mirror 158, and the exposure objective lens 160, and projection image formation of the image of the pattern on the pattern formation plate 154 is aslant carried out to an optical axis AX to the exposure side of a wafer W1 (or W2). The illumination light reflected with the wafer W1 is projected on the light-receiving side of an electric eye 168 through the condensing objective lens 162, the hand-of-cut diaphragm 164, and the image formation lens 166, and re-image formation of the image of the pattern on the pattern formation plate 154 is carried out to the light-receiving side of an electric eye 168. Here, a main control unit 90 supplies the detecting signal from many (specifically, it is the slit pattern and the same number of the pattern formation plate 154) photo detectors of an electric eye 168 to a signal processor 170 while giving a predetermined vibration to the hand-of-cut diaphragm 164 through excitation equipment 172. Moreover, a signal processor 170 supplies the focal signal of a large number which carried out the synchronous detection of each detecting signal, and obtained it with the driving signal of excitation equipment 172 to a main control unit 90 through the stage control unit 38.

[0084] In this case, as shown in the pattern formation plate 154 at drawing 6 , the opening pattern 93-11 to 93-59 of the shape of a slit of the 5x9=45 piece vertical direction is formed, and the image of the opening pattern of the shape of these slit is projected aslant (45 degrees) to the X-axis and a Y-axis on the exposure side of Wafer W. Consequently, the slit image of the matrix arrangement which inclined at

45 degrees to the X-axis and a Y-axis as shown in drawing 4 is formed. In addition, the sign IF in drawing 4 shows the lighting field on the reticle illuminated by the illumination system, and the lighting field on a wafer [ \*\*\*\* ]. The beam for detection is irradiated by two-dimensional sufficiently larger area than the lighting field IF under projection optics PL so that clearly also from this drawing 4.

[0085] The other AF/AL systems 130 and 134 as well as this AF/AL system 132 are constituted. That is, with this operation gestalt, it has composition which can irradiate a detection beam also according to the AF/AL devices 130 and 134 in which it is used at the time of measurement of an alignment mark of the almost same field as the AF/AL system 132 used for the focal detection at the time of exposure. For this reason, highly precise alignment measurement is attained by performing location measurement of an alignment mark, performing the automatic focus / auto leveling by measurement of the same AF/AL system as the time of exposure, and control at the time of measurement of the alignment sensor by the alignment systems 24a and 24b. If it puts in another way, the offset (error) by the posture of a stage will not occur between the times of exposure and alignment.

[0086] Next, a reticle drive is explained based on drawing 1 and drawing 2.

[0087] This reticle drive is equipped with the linear motor which is not illustrated [ which holds Reticle R for the reticle base board 32 top, and drives the movable reticle stage RST and this reticle stage RST in the two-dimensional direction of XY ], and the reticle interferometer systems which manage the location of this reticle stage RST.

[0088] When this is explained further in full detail, in a reticle stage RST As shown in drawing 2, the reticles R1 and R2 of two sheets can install now in the scanning direction (Y shaft orientations) at a serial. This reticle stage RST Surfacing support is carried out on the reticle base board 32 through a non-illustrated pneumatic bearing etc., and minute rotation of the minute drive of X shaft orientations and the direction of theta and the scan drive of Y shaft orientations are made by the drive 30 (refer to drawing 1) which consists of a non-illustrated linear motor etc. In addition, although a drive 30 is a device which makes a driving source the same linear motor as the stage equipment mentioned above, by drawing 1, illustration reaches for convenience and it is shown as a mere block from on [ of explanation ] expedient. For this reason, in case the reticles R1 and R2 on a reticle stage RST are double exposure, it is used alternatively, and it has composition which can carry out a synchronous scan a wafer side also about which reticle.

[0089] The parallel monotonous migration mirror 34 which changes from the same materials (for example, ceramic etc.) as a reticle stage RST to the edge by the side of one of X shaft orientations on this reticle stage RST is installed by Y shaft orientations, and the reflector is formed in the field by the side of one of X shaft orientations of this migration mirror 34 of mirror plane processing. The interferometer beam from the interferometer shown by length measurement shaft BI6X which constitutes the interferometer systems 36 of drawing 1 towards the reflector of this migration mirror 34 is irradiated, and the location of a reticle stage RST is measured in the interferometer by receiving that reflected light and measuring the relative displacement over a datum plane like a wafer stage side. Here, the interferometer which has this length measurement shaft BI6X has two independently measurable interferometer opticals axis in fact, and location measurement of X shaft orientations of a reticle stage and measurement of the amount of YOINGU are possible for it. The interferometer which has this length measurement shaft BI6X is used in order to carry out the roll control of the reticle stage RST to a reticle in the direction which cancels relative rotation (rotational error) of a wafer based on the yawing information and X positional information of the wafer stages WS1 and WS2 from interferometers 16 and 18 which have length measurement shaft BI1X by the side of the wafer stage mentioned later, and BI2X or to perform the direction synchronoustr control of X.

[0090] On the other hand, the cube-corner-reflector mirrors 35 and 37 of a pair are installed in the side (space near side in drawing 1) besides Y shaft orientations which are scanning directions (the scanning direction) of a reticle stage RST. As opposed to the double pass interferometer of a non-illustrated pair to these cube-corner-reflector mirrors 35 and 37 to drawing 2 And length measurement shaft BI7Y, The interferometer beam shown by BI8Y is irradiated, and it is returned to the reflector on the reticle base board 32 from the cube-corner-reflector mirrors 35 and 37. Then, each reflected reflected light is received with return and each double pass interferometer in the same optical path, and the relative displacement from the criteria location (it is a reflector on said reticle base board 32 at a reference position) of each cube-corner-reflector mirror 35 and 37 is measured. And the measurement value of these double pass interferometers is supplied to the stage control device 38 of drawing 1, and the location of Y shaft orientations of a reticle stage RST is measured based on the average value. The

information on this Y shaft-orientations location is used for the reticle of calculation of the relative position of the reticle stage RST and the wafer stages WS and WS 1 2 based on the measurement value of an interferometer which has length measurement shaft BI3Y by the side of a wafer, and the scanning direction at the time of the scan exposure based on this (Y shaft orientations), and the synchronous control of a wafer.

[0091] On the other hand, the cube-corner-reflector mirrors 35 and 37 of a pair are installed in the side (space near side in drawing 1) besides Y shaft orientations which are scanning directions (the scanning direction) of a reticle stage RST. As opposed to the double pass interferometer of a non-illustrated pair to these cube-corner-reflector mirrors 35 and 37 to drawing 2 And length measurement shaft BI7Y, The interferometer beam shown by BI8Y is irradiated, and it is returned to the reflector on the reticle base board 32 from the cube-corner-reflector mirrors 35 and 37. Then, each reflected light is received with the double pass interferometer of each return in the same optical path, and the relative displacement from the criteria location (it is a reflector on said reticle base board 32 at a reference position) of each cube-corner-reflector mirror 35 and 37 is measured. And the measurement value of these double pass interferometers is supplied to the stage control device 38 of drawing 1, and the location of Y shaft orientations of a reticle stage RST is measured based on the average value. The information on this Y shaft-orientations location is used for the reticle of calculation of the relative position of the reticle stage RST and the wafer stages WS and WS 1 2 based on the measurement value of an interferometer which has length measurement shaft BI3Y by the side of a wafer, and the scanning direction at the time of the scan exposure based on this (Y shaft orientations), and the synchronous control of a wafer.

[0092] That is, reticle interferometer systems are constituted from this operation gestalt by the double pass interferometer of a pair shown by the interferometer 36 and length measurement shaft BI7Y, and BI8Y.

[0093] Next, the interferometer systems which manage the location of the wafer stages WST1 and WST2 are explained, referring to drawing 1 thru/or drawing 3.

[0094] As shown in these drawings, the projection core and alignment system 24a of projection optics PL, The 1st shaft (X-axis) passing through each detection core of 24b is met. In the field by the side of the X shaft orientations 1 of the wafer stage WS 1 The interferometer beam shown by 1st length measurement shaft BI1X from the interferometer 16 of drawing 1 is irradiated, and the interferometer beam shown by 2nd length measurement shaft BI2X from the interferometer 18 of drawing 1 is similarly irradiated by the field of a side besides X shaft orientations of the wafer stage WS 2 in accordance with the 1st shaft. And in interferometers 16 and 18, by receiving these reflected lights, the relative displacement from the criteria location of each reflector is measured, and X shaft-orientations location of the wafer stages WS1 and WS2 is measured. Here, as shown in drawing 2, interferometers 16 and 18 are 3 shaft interferometers which have three optical axis each, and tilt measurement and theta measurement are possible for them in addition to measurement of X shaft orientations of the wafer stages WS1 and WS2. The output value of each optical axis can be independently measured now. Here, since Z and the leveling stage which is not illustrated [ which performs a minute drive and inclination drive of theta stage which is not illustrated / which performs theta rotation of the wafer stages WS1 and WS2 /, and Z shaft orientations ] are under a reflector in fact, it can act as the monitor of all the amounts of drives at the time of tilt control of a wafer stage with these interferometers 16 and 18.

[0095] In addition, each interferometer beam of 1st length measurement shaft BI1X and 2nd length measurement shaft BI2X The wafer stages WS1 and WS2 are always hit [ therefore ] throughout the successive range of the wafer stages WS1 and WS2. About X shaft orientations The location of the wafer stages WS1 and WS2 is managed also based on the measurement value of 1st length measurement shaft BI1X and 2nd length measurement shaft BI2X or the times of any, such as the time of use of the alignment systems 24a and 24b, at the time of the exposure using projection optics PL.

[0096] Moreover, the interferometer which has 3rd length measurement shaft BI3Y which crosses at right angles to the 1st shaft (X-axis) focusing on projection of projection optics PL as shown in drawing 2 and drawing 3, The interferometer which has length measurement shaft BI4Y as the 4th length measurement shaft which intersects the 1st shaft (X-axis) at a perpendicular focusing on each detection of the alignment systems 24a and 24b, respectively, and BI5Y, respectively is formed (however, only the length measurement shaft is illustrated all over drawing).

[0097] In the case of this operation gestalt, for the direction location measurement of Y of the wafer stages WS1 and WS2 at the time of the exposure using projection optics PL The measurement value

based on [ of projection optics ] projection (i.e., the interferometer of length measurement shaft BI3Y which passes an optical axis AX) is used. For the direction location measurement of Y of the wafer stage WS 1 at the time of use of alignment system 24a The detection core of alignment system 24a, i.e., the measurement value of length measurement shaft BI4Y which passes an optical axis SX, is used. For the direction location measurement of Y of the wafer stage WS 2 at the time of alignment system 24b use The detection core of alignment system 24b, i.e., the measurement value of length measurement shaft BI5Y which passes an optical axis SX, is used.

[0098] Therefore, according to each service condition, although the interferometer length measurement shaft of Y shaft orientations will separate from the reflector of the wafer stages WS1 and WS2, since it does not separate from at least one length measurement shaft, i.e., length measurement shaft BI1X, and BI2X from the reflector of each wafer stage WS1 and WS2, the interferometer optical axis to be used can reset the interferometer by the side of Y in the proper location which entered on the reflector. The reset approach of this interferometer is explained in full detail behind.

[0099] In addition, each interferometer of length measurement shaft BI3Y for the above-mentioned Y measurement, BI4Y, and BI5Y is a biaxial interferometer which has two opticals axis each, and tilt measurement is possible for it in addition to measurement of Y shaft orientations of the wafer stages WS1 and WS2. [0100] which has been alike and become so that the output value of each optical axis can be measured independently The interferometer systems which manage the two-dimensional coordinate location of the wafer stages WS1 and WS2 are constituted from this operation gestalt by a total of five interferometers of three interferometers which have interferometers 16 and 18 and length measurement shaft BI3Y, BI4Y, and BI5Y.

[0101] Moreover, with this operation gestalt, while one side of the wafer stages WS1 and WS2 is performing the exposure sequence, another side performs wafer exchange and a wafer alignment sequence, so that it may mention later, but based on the output value of each interferometer, migration of the wafer stages WS1 and WS2 is managed by the stage control device 38 according to the command of a main control unit 90 so that there may be no interference of both stages in this case.

[0102] Next, an illumination system is explained based on drawing 1 . This illumination system consists of the exposure light source 40, a shutter 42, a mirror 44, the beam expanders 46 and 48, the 1st fly eye lens 50, a lens 52, the oscillating mirror 54, a lens 56, the 2nd fly eye lens 58, a lens 60, the fixed blind 62, a movable blind 64, a relay lens 66, and 68 grades, as shown in drawing 1 .

[0103] Here, above-mentioned each part of a configuration of this illumination system is explained with that operation.

[0104] After the laser beam injected from the light source section 40 which consists of KrF excimer laser which is the light source, and extinction systems (an extinction plate, aperture diaphragm, etc.) penetrates a shutter 42, a mirror 44 deviates, it is orthopedically operated by the suitable beam diameter with the beam expanders 46 and 48, and incidence of it is carried out to the 1st fly eye lens 50. The flux of light by which incidence was carried out to this 1st fly eye lens 50 is divided into two or more flux of lights by the element of the fly eye lens arranged two-dimensional, and incidence is carried out to the 2nd fly eye lens 58 from the include angle from which each flux of light differed again with the lens 52, the oscillating mirror 54, and the lens 56. The flux of light injected from this 2nd fly eye lens 58 With a lens 60, the fixed blind 62 installed in Reticle R and the location [ \*\*\*\* ] is reached. After the cross-section configuration is specified in a predetermined configuration here, the movable blind 64 arranged in the location slightly defocused from the conjugation side of Reticle R is passed, and it passes through relay lenses 66 and 68. As uniform illumination light The rectangle slit-like lighting field IA (refer to drawing 2 ) is illuminated here [ the predetermined configuration and here ] where it was specified with the above-mentioned fixed blind 62 on Reticle R.

[0105] Next, a control system is explained based on drawing 1 . This control system consists of the light exposure control devices 70 and stage control-device 38 grades which the subordinate of this main control unit 90 has centering on the main control unit 90 as a control means which controls the whole equipment in generalization.

[0106] Here, the actuation at the time of exposure of the projection aligner 10 applied to this operation gestalt focusing on actuation of above-mentioned each part of a configuration of a control system is explained.

[0107] Direct the light exposure control device 70 to the shutter driving gear 72, it makes the shutter mechanical component 74 drive, before a synchronous scan with Reticle R and a wafer (W1 or W2) is started, and opens a shutter 42.



[0108] Then, according to directions of a main control unit 90, the synchronous scan (scanning control) of Reticle R, Wafer (W1 or W2) RST, i.e., a reticle stage, and a wafer stage (WS1 or WS2) is started by the stage control device 38. This synchronous scan is performed by controlling each linear motor which constitutes the drive system of the reticle mechanical component 30 and a wafer stage by the stage control device 38, carrying out the monitor of the measurement value of length measurement shaft BI6X to length measurement shaft BI7Y of length measurement shaft BI3Y of the interferometer systems mentioned above, length measurement shaft BI1X or BI2X, and reticle interferometer systems, and BI8Y.

[0109] And when uniform control of both the stages is carried out within a predetermined allowable error, it directs to the laser control unit 76, and pulse luminescence is made to start in the light exposure control unit 70. The lighting field IA of said rectangle of the reticle R by which the chromium vacuum evaporation of the pattern was carried out is illuminated by this by the illumination light from an illumination system on the inferior surface of tongue, the image of the pattern in the lighting field is reduced by projection optics PL by 1/5 time, and projection exposure is carried out on the wafer (W1 or W2) with which the photoresist was applied to the front face. Here, compared with the pattern space on a reticle, the slit width of the scanning direction of the lighting field IA is narrow, it is carrying out the synchronous scan of Reticle R and the wafer (W1 or W2) as mentioned above, and sequential formation of the image of the whole surface of a pattern is carried out to the shot field on a wafer so that clearly also from drawing 2.

[0110] Here to the initiation and coincidence of pulse luminescence which were mentioned above the light exposure control unit 70 Until direct to the mirror driving gear 78, it makes the oscillating mirror 54 drive and the pattern space on Reticle R passes through the lighting field IA (refer to drawing 2) completely That is, nonuniformity reduction of the interference fringe generated by two fly eye lenses 50 and 58 by performing this control continuously is performed until the image of the whole surface of a pattern is formed in the shot field on a wafer.

[0111] Moreover, synchronizing with Reticle R and the scan of Wafer W, drive control of the movable blind 64 is carried out by the blind control device 39, and such synchronous operation of a series of is managed by the stage control device 38 so that the illumination light may not leak during the above-mentioned scan exposure outside the protection-from-light field on the reticle in the shot edge section.

[0112] By the way, since it is necessary to carry out luminescence of the pulse luminescence by the laser control unit 76 mentioned above n times (for n to be a positive integer) while the point of the arbitration on a wafer W1 and W2 passes lighting field width (w), if it sets an oscillation frequency to f and wafer scan speed is set to V, it needs to fill a degree type (2).

[0113]  $f/n=V/w$  ..... (2)

Moreover, if exposure energy of one pulse irradiated on a wafer is set to P and resist sensibility is set to E, it is necessary to fill a degree type (3).

[0114]  $nP=E$  ..... (3)

Thus, the light exposure control unit 70 calculates all about the good variate of the exposure energy P and the oscillation frequency f, and by controlling the extinction system which issued the command to the laser control unit 76, and was formed in the exposure light source 40, it carries out adjustable [ of the exposure energy P and the oscillation frequency f ], or it is constituted so that the shutter driving gear 72 and the mirror driving gear 78 may be controlled.

[0115] Furthermore, in a main control unit 90, when, amending the migration starting position (synchronous location) of a reticle stage and a wafer stage which performs a synchronous scan at the time of scanning exposure for example, amendment of the stage location according to the amount of amendments is directed to the stage control device 38 which carries out migration control of each stage.

[0116] Furthermore, in the projection aligner of this operation gestalt, the 1st carrier system for which a wafer is exchanged between the wafer stages WS 1, and the 2nd carrier system which performs wafer exchange between the wafer stages WS 2 are formed.

[0117] As are shown in drawing 7, and the 1st carrier system is later mentioned between the wafer stages WS 1 in a left-hand side wafer loading location, it performs wafer exchange. This 1st carrier system The 1st unload arm 184 attached in the 1st loading guide 182 prolonged in Y shaft orientations, the 1st slider 186 which moves along with this loading guide 182 and the 2nd slider 190, and the 1st slider 186, It consists of the 1st wafer loader constituted including the 1st load arm 188 grade attached in the 2nd slider 190, and the 1st pin center, large rise 180 which consists of three vertical-movement members prepared on the wafer stage WS 1.

[0118] Here, actuation of the wafer exchange by this 1st carrier system is explained briefly.

[0119] Here, as shown in drawing 7, the case where it is exchanged in wafer W1' on the wafer stage WS 1 in a left-hand side wafer loading location and the wafer W1 conveyed by the 1st wafer loader is explained.

[0120] First, in a main control unit 90, the vacuum of the wafer holder which is not illustrated on the wafer stage WS 1 is turned off through a non-illustrated switch, and adsorption of wafer W1' is canceled.

[0121] Next, in a main control unit 90, the specified quantity rise drive of the pin center, large rise 180 is carried out through a non-illustrated pin center, large rise drive system. Thereby, wafer W1' is raised to a predetermined location. In this condition, migration of the 1st unload arm 184 is supported to a non-illustrated wafer loader control unit with a main control unit 90. By this, drive control of the 1st slider 186 is carried out by the wafer loader control unit, the 1st unload arm 184 moves onto the wafer stage WS 1 along with the loading guide 182, and it is located just under wafer W1'.

[0122] In this condition, the downward drive of the pin center, large rise 180 is carried out to a predetermined location with a main control unit 90. Since wafer W1' is received and passed to the 1st unload arm 184 in the middle of descent of this pin center, large rise 180, in a main control unit 90, vacuum initiation of the 1st unload arm 184 is directed to a wafer loader control device. Thereby, adsorption maintenance of wafer W1' is carried out at the 1st unload arm 184.

[0123] Next, in a main control unit 90, evacuation of the 1st unload arm 184 and migration initiation of the 1st load arm 188 are directed to a wafer loader control unit. The 2nd slider 190 starts migration in the direction of +Y in one with the 1st load arm 188 holding a wafer W1 at the same time the 1st unload arm 184 starts migration in the direction of -Y of drawing 7 in one with the 1st slider 186 by this. And when the 1st load arm 188 comes above the wafer stage WS 1, while the 2nd slider 190 is stopped by the wafer loader control unit, the vacuum of the 1st load arm 188 is canceled.

[0124] The rise drive of the pin center, large rise 180 is carried out, and a wafer W1 is made to be lifted from a lower part by the pin center, large rise 180 in a main control unit 90 in this condition.

Subsequently, in a main control unit 90, evacuation of a load arm is directed to a wafer loader control unit. The 2nd slider 190 starts migration in the direction of -Y in one with the 1st load arm 188 by this, and evacuation of the 1st load arm 188 is performed. With a main control unit 90, start the downward drive of the pin center, large rise 180, the wafer holder which is not illustrated on the wafer stage WS 1 is made to lay a wafer W1, and the vacuum of the wafer holder concerned is turned ON at evacuation initiation and coincidence of this 1st load arm 188. Thereby, a series of sequences of wafer exchange are completed.

[0125] Similarly, the 2nd carrier system performs wafer exchange like \*\*\*\* between the wafer stages WS 2 in a right-hand side wafer loading location, as shown in drawing 8. This 2nd carrier system The 2nd unload arm 194 attached in the 3rd slider 196 which moves along with the 2nd loading guide 192 prolonged in Y shaft orientations, and this 2nd loading guide 192 and the 4th slider 200, and the 3rd slider 196, It consists of the 2nd wafer loader constituted including the 2nd load arm 198 grade attached in the 4th slider 200, and the 2nd pin center, large rise of un-illustrating [ which was prepared on the wafer stage WS 2 ].

[0126] Next, based on drawing 7 and drawing 8, parallel processing by two wafer stages which are the descriptions of this operation gestalt is explained.

[0127] The top view in the condition that exchange of a wafer is performed between the wafer stage WS 1 and the 1st carrier system as mentioned above in the wafer W2 on the wafer stage WS 2 in the left-hand side loading location while performing exposure actuation through projection optics PL is shown in drawing 7. In this case, on the wafer stage WS 1, as it mentions later succeeding to wafer exchange, alignment actuation is performed. In addition, in drawing 7, position control of the wafer stage WS 2 under exposure actuation is performed based on the measurement value of length measurement shaft BI2X of interferometer systems, and BI3Y, and wafer exchange and position control of the wafer stage WS 1 where alignment actuation is performed are performed based on the measurement value of length measurement shaft BI1X of interferometer systems, and BI4Y.

[0128] In the loading location of the left-hand side shown in this drawing 7, it is the arrangement by which the reference mark on the reference mark plate FM 1 of the wafer stage WS 1 comes just under alignment system 24a (refer to drawing 9 (A)). For this reason, in the main control unit 90, before alignment system 24a detects the reference mark MK2 on the reference mark plate FM 1, reset of the interferometer of length measurement shaft BI4Y of interferometer systems is performed.



[0129] The situation of image incorporation which detects an example of the configuration of a reference mark MK2 and it by the FIA system sensor of alignment system 24a is shown in drawing 9 (B). In this drawing 9 (B), the cross-joint-like mark which Sign Sx shows the image incorporation range of CCD, and is shown with Sign M is an index in a FIA system sensor. Here, although only the image incorporation range of X shaft orientations is shown, of course, the image incorporation with the same said of Y shaft orientations is performed in fact.

[0130] When the image of the mark MK2 of drawing 9 (B) is captured by the sensor of a FIA system, the wave signal acquired by the image-processing system in the alignment control unit 80 is shown in drawing 9 (C). The location of the mark MK2 on the basis of an index core is detected in analyzing this wave signal in the alignment control unit 80. In a main control unit 90 Based on the location of said mark MK2, and length measurement shaft BI1X and the measurement result of the interferometer of BI4Y, the coordinate location of the mark MK2 on the reference mark plate FM 1 in the system of coordinates (suitably henceforth "the 1st stage system of coordinates") using length measurement shaft BI1X and BI4Y is computed.

[0131] It continues at the wafer exchange mentioned above and reset of an interferometer, and search alignment is performed. Only in PURIARAIMENTO made during conveyance of a wafer W1, since the position error is large, the search alignment performed after the wafer exchange is PURIARAIMENTO again performed on the wafer stage WS 1. The location of three search alignment marks (not shown) specifically formed on the wafer W1 laid on the stage WS 1 is measured using the sensor of the LSA system of alignment system 24a etc., and alignment of X of a wafer W1, Y, and the direction of theta is performed based on the measurement result. Actuation of each part in the case of this search alignment is controlled by the main control unit 90.

[0132] Fine alignment which searches for the array of each shot field on a wafer W1 here using EGA is performed after termination of this search alignment. Specifically by interferometer systems (length measurement shaft BI1X, BI4Y) Carrying out sequential migration of the wafer stage WS 1 based on the shot array data on a design (alignment mark location data) managing the location of the wafer stage WS 1 The alignment mark location of the predetermined sample shot on a wafer W1 is measured by the sensor of the FIA system of alignment system 24a etc., and all shot array data are calculated by the statistics operation by the least square method based on the design coordinate data of this measurement result and a shot array. Thereby, the coordinate location of each shot is computed on the above-mentioned 1st stage system of coordinates. In addition, actuation of each part in the case of this EGA is controlled by the main control unit 90, and the above-mentioned operation is performed by the main control unit 90.

[0133] And with a main control unit 90, the relative-position relation of each shot to a mark MK2 is computed by subtracting the coordinate location of a reference mark MK2 mentioned above from the coordinate location of each shot.

[0134] Location measurement of an alignment mark is performed, performing the automatic focus / auto leveling by measurement of the same AF/AL system 132 (refer to drawing 4 ) as the time of exposure, and control at the time of measurement by alignment system 24a, as mentioned above, and it can avoid producing the offset (error) by the posture of a stage between the times of alignment and exposure in the case of this operation gestalt.

[0135] At the wafer stage WS 1 side, while the above-mentioned wafer exchange and alignment actuation are performed, by the wafer stage WS 2 side, the reticles R1 and R2 of two sheets as shown in drawing 12 are used, and double exposure is continuously performed by step - and - scanning method, changing exposure conditions.

[0136] Relative-position-related calculation of each shot to a mark MK2 is specifically beforehand performed like the wafer W1 side mentioned above. This result, It is based on the result of relative-position detection (this is explained in full detail behind) of the wafer side top projection image of the marks MK1 and MK3 on the criteria arc plate FM 1 under the reticle alignment microscopes 144 and 142, and the marks RMK1 and RMK3 corresponding to it on a reticle. Scanning exposure is performed by making a scanning direction carry out the synchronous scan of a reticle stage RST and the wafer stage WS 2 at every exposure of each shot field, carrying out sequential positioning of the shot field on a wafer W2 at the optical-axis lower part of projection optics PL.

[0137] The exposure to all the shot fields on such a wafer W2 continues also after reticle exchange, and is performed. As exposure sequence of concrete double exposure, as shown in drawing 13 (A) After performing sequential scan exposure for each shot field of a wafer W1 to A1-A12 using a reticle R2 (A

pattern), In order of B1-B12 which are shown in drawing 13 (B), scanning exposure is performed, after carrying out specified quantity migration of the reticle stage RST in a scanning direction using a drive system 30 and setting a reticle R1 (B pattern) as an exposure location. Since a reticle R2 differs in exposure conditions (AF/AL, light exposure) or transmission from a reticle R1 at this time, it is necessary to measure each condition at the time of reticle alignment, and to change conditions according to that result.

[0138] Actuation of each part in the double exposure of this wafer W2 is also controlled by the main control unit 90.

[0139] When the direction of the wafer stage ended previously will be in a waiting state and both actuation ends the exposure sequence, and the wafer exchange and the alignment sequence which are performed in parallel on two wafer stages WS [ WS1 and ] 2 shown in drawing 7 mentioned above, migration control of the wafer stages WS1 and WS2 is carried out to the location shown in drawing 8 . And as for the wafer W1 on the wafer stage WS 1 where wafer exchange was made by the right-hand side loading position, and the alignment sequence ended the wafer W2 on the wafer stage WS 2 which the exposure sequence ended, an exposure sequence is performed under projection optics PL.

[0140] By the right-hand side loading position shown in drawing 8 , the reference mark MK2 on the reference mark plate FM 2 will be positioned in the bottom of alignment system 24b as well as a left-hand side loading position, and the above-mentioned wafer exchange actuation and an alignment sequence will be performed. Of course, the reset action of the interferometer which has length measurement shaft BI5Y of interferometer systems is performed in advance of detection of the mark MK2 on the reference mark plate FM 2 by alignment system 24b.

[0141] Next, the reset action of the interferometer by the main control unit 90 at the time of shifting to the condition of drawing 8 from the condition of drawing 7 is explained.

[0142] Although the wafer stage WS 1 is moved to the location (refer to drawing 10 (A)) to which the reference mark on the reference mark plate FM 1 comes just under the optical-axis AX core (projection core) of the projection optics PL shown in drawing 8 after it performs alignment by the left-hand side loading position Since incidence of the interferometer beam of length measurement shaft BI4Y will not be carried out to the reflector 21 of the wafer stage WS 1 in the middle of this migration, it is difficult to move the wafer stage WS 1 to the location of drawing 8 immediately after alignment termination. For this reason, the following works are carried out with this operation gestalt.

[0143] Namely, as explained previously, when the wafer stage WS 1 is located into a left-hand side loading position with this operation gestalt Since it is set up so that the reference mark plate FM 1 may come just under alignment system 24a, and the interferometer of length measurement shaft BI4Y is reset in this location Once return the wafer stage WS 1 to this location, and it is based on the distance (referred to as BL for convenience) of the detection core of alignment system 24a and the optical-axis core (projection core) of projection optics PL which are beforehand known from that location. Only distance BL moves the wafer stage WS 1 to X shaft-orientations right-hand side, carrying out the monitor of the measurement value of the interferometer 16 of length measurement shaft BI1X with which an interferometer beam does not go out. By this, the wafer stage WS 1 will be moved to the location shown in drawing 8 .

[0144] And in a main control unit 90, as shown in drawing 10 (A), the reticle alignment microscopes 144 and 142 perform relative-position detection of the wafer side top projection image of the marks MK1 and MK3 on the reference mark plate FM 1, and the marks RMK1 and RMK3 corresponding to it on a reticle using exposure light.

[0145] The wafer side top projection image of the mark RMK (RMK1, RMK2) on Reticle R is shown in drawing 10 (B), and the mark MK (MK1, MK3) on a reference mark plate is shown in drawing (C). Moreover, the situation of image incorporation which detects the mark MK (MK1, MK3) on the wafer side top projection image of the mark RMK (RMK1, RMK2) on Reticle R and a reference mark plate to coincidence is shown in the reticle alignment microscopes 144 and 142 in the state of drawing 10 (A) at drawing 10 (D). In this drawing 10 (D), Sign SRx shows the image incorporation range of CCD which constitutes a reticle alignment microscope. The wave signal with which it might be processed by the image-processing system whose image captured above is not illustrated is shown in drawing 10 (E).

[0146] In a main control unit 90, before incorporating this wave signal wave form, the interferometer of length measurement shaft BI3Y is reset. A reset action can be performed when the length measurement shaft used for a degree can irradiate a wafer stage side face.

[0147] The coordinate location of the marks MK1 and MK3 on the reference mark plate FM 1 in system

of coordinates (2nd stage system of coordinates) using length measurement shaft BI1X and BI3Y by this, The wafer side top projection image coordinate location of the mark RMK on reticle R will be detected, and the relative-position relation between an exposure location (projection core of projection optics PL), and the mark MK1 on the reference mark plate FM 1 and MK3 coordinate location is called for according to both difference.

[0148] And more finally than the relative-position relation of each shot to the mark MK2 on the orientation plate FM 1 for which it asked previously, and the relative relation between an exposure location, and the mark MK1 on an orientation plate FM 1 and MK3 coordinate location in a main control unit 90, an exposure location and the relative-position relation of each shot are computed. According to the result, as shown in drawing 11, exposure of each shot on a wafer W1 will be performed.

[0149] As mentioned above, even if it performs the reset action of an interferometer, the reason in which high precision alignment is possible is because spacing of a reference mark and the virtual location computed by measurement of a wafer mark is computed by the same sensor by measuring the alignment mark of each shot field on a wafer W1, after measuring the reference mark on the reference mark plate FM 1 by alignment system 24a. It is because highly precise exposure actuation can be performed even if the interferometer beam of the interferometer of Y shaft orientations will go out during migration of a wafer stage and will reset again by adding said relative distance to that value, if correspondence with an exposure location and a reference mark location has been taken under the reticle alignment microscopes 142 and 144 before exposure since a reference mark and the relative-position relation (relative distance) of the location which should be exposed are called for at this time.

[0150] In addition, since reference marks MK1-MK3 are on the always same orientation plate, if the drawing error is searched for beforehand, there will be no fluctuation factor only at offset management. Moreover, although RMK1 and RMK2 may have the offset by the reticle drawing error, if two or more marks are used at the time of reticle alignment, and a drawing error is mitigated or the reticle mark drawing error is beforehand measured so that it may be indicated by the publication-number No. 67271 [ five to ] official report, for example, it can respond only by offset management similarly.

[0151] Moreover, of course, the wafer stage WS 1 may be immediately moved linearly to the location of drawing 8 after alignment termination, carrying out the monitor of the measurement value of length measurement shaft BI1X and BI4Y, when length measurement shaft BI4Y does not go out, while the wafer stage WS 1 moves to the location of drawing 8 from an alignment termination location. In this case, it may be made to perform the reset action of an interferometer from relative-position detection of the wafer side top projection image of the marks MK1 and MK3 on the reference mark plate FM 1 under the reticle alignment microscopes 144 and 142, and the marks RMK1 and RMK3 corresponding to it on a reticle at which [ former ] time after the time of length measurement shaft BI3Y which passes along the optical axis AX of projection optics PL starting the reflector 21 which intersects perpendicularly with the Y-axis of the wafer stage WS 1.

[0152] What is necessary is to move the wafer stage WS 2 from an exposure termination location like the above to the loading position of the right-hand side shown in drawing 8, and just to perform the reset action of the interferometer of length measurement shaft BI5Y.

[0153] Moreover, an example of the timing of the exposure sequence which carries out sequential exposure of each shot field on the wafer W1 held on the wafer stage WS 1 is shown in drawing 14, and the timing of this and the alignment sequence on the wafer W2 held on the wafer stage WS 2 performed in juxtaposition is shown in drawing 15. With this operation gestalt, improvement in a throughput is aimed at by performing an exposure sequence, and wafer exchange and an alignment sequence in parallel to the wafers W1 and W2 on each wafer stage, moving independently two wafer stages WS1 and WS2 in the two-dimensional direction.

[0154] However, when carrying out concurrent processing of two actuation using two wafer stages, the actuation performed on one wafer stage may affect the actuation to which it is carried out on the wafer stage of another side as a disturbance factor. Moreover, there is also actuation which does not affect the actuation to which actuation performed on one wafer stage is carried out conversely on the wafer stage of another side. So, with this operation gestalt, it divides into the actuation which causes disturbance among the actuation which carries out parallel processing, and the actuation not becoming, and timing adjustment of each actuation is achieved so that actuation leading to disturbance or actuation leading to disturbance may be performed to coincidence.

[0155] For example, during scanning exposure, since the synchronous scan of a wafer W1 and the reticle R is carried out at uniform velocity, when not becoming a disturbance factor, it is necessary to eliminate

the disturbance factor of the from else as much as possible. For this reason, during the scanning exposure on one wafer stage WS 1, timing adjustment is made so that it may be in a quiescent state in the alignment sequence performed with the wafer W2 on the wafer stage WS 2 of another side. Namely, since mark measurement in an alignment sequence is performed in the condition of having made the wafer stage WS 2 standing it still in a mark location, for scanning exposure, it does not cause disturbance but can perform [ be / it / under / scanning exposure / concurrency ] mark measurement. The scanning exposure shown to a wafer W1 in drawing 15 by the number "1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21, 23" of operation when this is seen by drawing 14 and drawing 15 , It turns out that mark measurement actuation in each alignment mark location shown to a wafer W2 in drawing 16 by the number "1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21, 23" of operation is performed synchronizing with mutual. On the other hand, since it is uniform motion during scanning exposure also in an alignment sequence, it does not become disturbance but high precision measurement can be performed.

[0156] Moreover, it is possible to be the same at the time of wafer exchange. Since especially vibration produced in case a wafer is delivered to a pin center, large rise from a load arm can cause disturbance, according to the time of acceleration and deceleration before and after [ before scanning exposure ] coming to perform a synchronous scan at uniform velocity (it becomes a disturbance factor), it may be made to deliver a wafer.

[0157] Timing adjustment mentioned above is performed by the main control unit 90.

[0158] As explained above, according to the projection aligner 10 of this operation gestalt, two wafer stages WS1 and WS2 which hold two wafers independently, respectively are provided. While moving these two wafer stages independently of the XYZ direction and performing wafer exchange and alignment actuation on one wafer stage Since each other actuation was switched when we decided to perform exposure actuation on the wafer stage of another side and both actuation was completed, it becomes possible to raise a throughput sharply.

[0159] moreover, from it having been made to perform the measurement sequence of the reference mark plate arranged on a wafer stage, while resetting the interferometer of the length measurement shaft used in the actuation after a switch, when switching the above-mentioned actuation The length measurement shaft of interferometer systems is the reflector (when forming a migration mirror independently) of a wafer stage. Since there is no un-arranging and it becomes possible to shorten the reflector (for it to be a migration mirror when forming a migration mirror independently) of a wafer stage especially even if it separates from this migration mirror The miniaturization of a wafer stage can be realized easily and die length of one side of a wafer stage can specifically be miniaturized even in the magnitude of slightly larger extent than a wafer diameter. In addition to becoming possible to include easily two wafer stages which can carry out movable independently by this in equipment, it becomes possible to raise the positioning engine performance of each wafer stage.

[0160] furthermore, about the wafer stage of the direction where exposure actuation is performed The reticle alignment microscopes 142 and 144 (exposure light alignment sensor) which minded [ the interferometer reset for length measurement and ] projection optics PL perform mark measurement on a reference mark plate. From our having decided to perform mark measurement on a reference mark plate to the interferometer reset for length measurement, and coincidence by alignment system 24a or 24b (off-axis alignment sensor) about the wafer stage of the direction where wafer exchange and alignment actuation are performed It becomes possible [ switching the interferometer length measurement shaft which manages the location of a wafer stage ] also in the case of exposure by the alignment by each alignment system, and projection optics. In this case, in case a mark on \*\* reference mark plate is measured in alignment system 24a or 24b Measure the coordinate location of this mark on the 1st stage system of coordinates, and detect the alignment mark of the sample shot on a wafer after that [ \*\* ], and it is asked for the array coordinate (coordinate location for exposure) of each shot on the 1st stage system of coordinates by the EGA operation. \*\* Ask for the relative-position relation between a mark on a reference mark plate, and the coordinate location for exposure of each shot from the result of the above-mentioned \*\* and \*\*. \*\* The reticle alignment microscopes 142 and 144 detect the relative-position relation between the mark on a reference mark plate, and a reticle projection coordinate location on the 2nd stage system of coordinates through projection optics PL before exposure. \*\* Since each shot is exposed using the above-mentioned \*\* and \*\*, even if it switches the interferometer length measurement shaft which manages the location of a wafer stage, it can expose with high degree of accuracy. Consequently, without performing base-line measurement which measures the projection core of projection optics like the former, and spacing based on [ of an alignment system ] detection, the

alignment of a wafer becomes possible and it becomes unnecessary [ loading of a big reference mark plate which is indicated by the publication-number No. 176468 / seven to / official report ].

[0161] Moreover, since at least two alignment systems which perform mark detection on both sides of projection optics PL are provided according to the above-mentioned operation gestalt, it becomes possible by shifting two wafer stages by turns to carry out parallel processing of the alignment actuation performed using alternation in each alignment system, and the exposure actuation.

[0162] Moreover, according to the above-mentioned operation gestalt, the neighborhood of an alignment system, and since it is arranged so that it can carry out especially in each alignment location, the shift to an alignment sequence from wafer exchange is performed smoothly, and the wafer loader which performs wafer exchange can obtain a higher throughput.

[0163] Furthermore, since a high throughput which was mentioned above is obtained according to the above-mentioned operation gestalt, even if it detaches the alignment system of an off-axis more greatly than projection optics PL and installs it, the effect of degradation of a throughput is almost lost. For this reason, it is high N.A. (numerical aperture) of a straight cylinder mold, and it becomes possible to design and install the small optical system of aberration.

[0164] Moreover, since it has the interferometer beam from the interferometer of each optical axis of two alignment systems and projection optics PL which measures a core mostly for every optical system according to the above-mentioned operation gestalt, It becomes possible to be able to measure two wafer stage locations correctly in the condition that there is no ATSU \*\*\*\*\*, respectively in any [ at the time of the pattern exposure through the time of alignment, or projection optics ] case, and to move two wafer stages independently to it correctly.

[0165] Furthermore, length measurement shaft BI1X and BI2X which were prepared towards the projection core of projection optics PL along the direction (here X shaft orientations) where two wafer stages WS1 and WS2 are located in a line from both sides In order to always irradiate to the wafer stages WS1 and WS2 and to measure X shaft-orientations location of each wafer stage, it becomes possible to carry out migration control so that two wafer stages may not interfere mutually.

[0166] Moreover, according to the above-mentioned operation gestalt, since double exposure is performed using the reticle R of two or more sheets, the improvement effectiveness of high resolution and DOF (depth of focus) is acquired. In order to have to repeat an exposure process twice [ at least ], there was un-arranging [ that the exposure time became long and a throughput fell sharply ], but since a throughput can improve sharply by using the projection aligner of this operation gestalt, this double exposure method can acquire high resolution and the improvement effectiveness of DOF, without reducing a throughput.

[0167] For example, it sets to T1 (wafer swap time), T2 (search alignment time amount), T3 (fine alignment time amount), and T four (1 time of exposure time). Each processing time in a 8 inch wafer T 1:9 seconds, T 2:9 seconds, T 3:12 seconds, If double exposure is performed by the conventional aligner by which a series of processings are sequentially performed using one wafer stage when it considers as T 4:28 seconds It is set to 41 (at [the time of \*\*/]). throughput  $THOR = 3600 / (T1 + T2 + T3 + T\text{-four} * 2) = 3600 / (30 + 28 * 2) = --$  Compared with the throughput ( $THOR = 3600 / (T1 + T2 + T3 + T\text{ four}) = 3600 / 58 = 62$  (at [the time of \*\*/])) of equipment, a throughput is downed to 66% conventionally which enforces the single exposing method using one wafer stage. since [ on the other hand, ] the exposure time is larger when performing double exposure, carrying out parallel processing of T1, T2 and T3, and the T four using the projection aligner of this operation gestalt -- throughput  $THOR = 3600 / (28 + 28) = --$  it is set to 64 (at [the time of \*\*/]), and it becomes possible to improve a throughput sharply, maintaining the improvement effectiveness of high resolution and DOF. Moreover, the exposure time becomes possible [ increasing a long part and EGA mark ], and alignment precision improves.

[0168] << -- 2nd operation gestalt>> -- next, the 2nd operation gestalt of this invention is explained based on drawing 16 and drawing 17 . Here, about a component the same as that of the 1st operation gestalt mentioned above, or equivalent, while using the same sign, the explanation shall be given simple or it shall omit.

[0169] As a projection aligner is shown in this 2nd operation gestalt at drawing 16 , die length of one side of the wafer stage WS 1 (die length of one side of WS2 is the same as this) Since it is longer than the mutual distance BL (a mutual distance of length measurement shaft BI5Y and BI3Y is the same as this) of length measurement shaft BI4Y and BI3Y, While the wafer stage WS 1 (or WS2) moves from the termination location of an alignment sequence to the starting position of an exposure sequence, it has the description at the point that length measurement beam BI4Y (or BI5Y) goes out from the reflector of

a stage. For this reason, although the point which becomes measurable [ the reference mark of a reference mark plate ] after reset of an interferometer differs from the case of the 1st operation gestalt mentioned above so that it may mention later, the configuration of other parts etc. is the same as that of the projection aligner 10 of the 1st operation gestalt mentioned above.

[0170] After the alignment of the wafer stage WS 1 top wafer W1 is completed, signs that the interferometer of length measurement shaft BI3Y is reset are shown in drawing 16 .

[0171] Fine alignment (carried out by EGA mentioned above) actuation of the wafer W1 according [ the interferometer of length measurement shaft BI1X which has managed the location of the wafer stage WS 1 so that clearly also from this drawing 16 , and BI4Y ] to alignment system 24a or subsequent ones Since an interferometer beam does not separate from the reflector formed in Y shaft-orientations end side of the wafer stage WS 1 In a main control unit 90, the wafer stage WS 1 is moved to the location of drawing 16 where the reference mark plate FM 1 is positioned in the bottom of the projection lens PL from an ARAMENTO termination location, carrying out the monitor of the measurement value of the interferometer of length measurement shaft BI1X and BI4Y. Under the present circumstances, just before positioning the reference mark plate FM 1 just under the projection lens PL, the interferometer beam of length measurement shaft BI3Y comes to be reflected in the reflector of the wafer stage WS 1. [0172] In this case, unlike the case of the 1st operation gestalt mentioned above, since it is carried out based on the measurement value of the interferometer of length measurement shaft BI1X and BI4Y, with a main control unit 90, the position control of the wafer stage WS 1 has managed the location of the wafer stage WS 1 correctly, and it is it at this time (just before positioning the reference mark plate FM 1 just under the projection lens PL), and it resets the interferometer of length measurement shaft BI3Y. Position control of the wafer stage WS 1 comes (the change of system of coordinates is performed to the 2nd stage system of coordinates from the 1st stage system of coordinates) to be performed after reset termination based on the measurement value of the interferometer of length measurement shaft BI1X and BI3Y.

[0173] Then, the wafer stage WS 1 is positioned in the location shown in drawing 16 with a main control unit 90. Like the case of the 1st operation gestalt mentioned above using the reticle microscopes 142 and 144 Relative-position detection of the wafer side top projection image of the marks MK1 and MK3 on the reference mark plate FM 1, and the marks RMK1 and RMK3 corresponding to it using exposure light on a reticle, Namely, after detecting relative-position relation between marks RMK1 and RMK3 and an exposure location (projection core of projection optics PL), More finally than the relative-position relation between the relative-position relation of each shot to the mark MK2 on the reference mark plate FM 1 currently called for beforehand, an exposure location, and the mark MK1 on the reference mark plate FM 1 and MK3 coordinate location, an exposure location and the relative-position relation of each shot are computed. It exposes according to the result (refer to drawing 11 ). (double exposure mentioned above)

[0174] Although it separates from length measurement shaft BI4Y from a reflector according to an exposure location and becomes measurement impossible during this exposure, since the switch of the length measurement shaft for the position control of the wafer stage WS 1 has already been performed, there is no un-arranging.

[0175] Thus, while actuation of an exposure sequence is performed by one wafer stage WS 1 side, position control is made based on the measurement value of the interferometer of length measurement shaft BI2X and BI5Y, and, as for the wafer stage WS 2 of another side, W exchange sequence and the wafer alignment sequence are performed. In this case, in the wafer stage WS 1 side, since double exposure is performed like the above-mentioned, the direction of actuation of the wafer exchange sequence by the side of the wafer stage WS 2 and a wafer alignment sequence is completed previously, and the wafer stage WS 2 is in the standby condition after that.

[0176] When all exposure of a wafer W1 is completed, in a main control unit 90, carrying out the monitor of the measurement value of the interferometer of length measurement shaft BI1X and BI3Y, the interferometer beam of length measurement shaft BI4Y moves to the location reflected in the reflector of the wafer stage WS 1 on the wafer stage WS 1, and resets the interferometer of length measurement shaft BI4Y. After reset action termination, with a main control unit 90, the length measurement shaft for control of the wafer stage WS 1 is again switched to length measurement shaft BI1X and BI4Y, and the wafer stage WS 1 is moved to a loading position.

[0177] Although the interferometer beam of length measurement shaft BI3Y separates from a reflector and serves as measurement impossible shortly during this migration, since the switch of the length



measurement shaft for the position control of the wafer stage WS 1 has already been performed, there is no un-arranging.

[0178] In a main control unit 90, migration of the wafer stage WS 2 is started in parallel to making it move towards the loading position of the wafer stage WS 1 that the reference mark plate FM 2 of the wafer stage WS 2 should be positioned down to projection optics PL. In the middle of this migration, like the above-mentioned, perform reset of the interferometer of length measurement shaft BI3Y, and it is made after that to be the same as that of the above-mentioned. Relative-position detection of the wafer side top projection image of the marks MK1 and MK3 on the reference mark plate FM 2, and the marks RMK1 and RMK3 corresponding to it using the reticle microscopes 142 and 144 on a reticle, Namely, after detecting relative-position relation between marks RMK1 and RMK3 and an exposure location (projection core of projection optics PL), More finally than the relative-position relation between the relative-position relation of each shot to the mark MK2 on the reference mark plate FM 2 currently called for beforehand, an exposure location, and the mark MK1 on the reference mark plate FM 2 and MK3 coordinate location, an exposure location and the relative-position relation of each shot are computed. Exposure (double exposure mentioned above) is started according to the result.

[0179] It does in this way, the wafer stage WS 1 is moved to drawing 17 to a loading position, and the situation when actuation of an exposure sequence is performed by the wafer stage WS 2 side is shown.

[0180] by this loading position, like the case of the 1st operation gestalt, the mark MK2 on the reference mark plate FM 1 positions, it is made the bottom of alignment system 24a, and a main control unit 90 detects the coordinate location of a mark MK2 like the case of the 1st operation gestalt on wafer exchange termination, simultaneously the 1st stage system of coordinates (BI1X, BI4Y). Next, EGA measurement is carried out to the mark on a wafer W1, and the coordinate location of each shot in the same system of coordinates is computed. Namely, the relative-position relation of each shot to a mark MK2 is computed by subtracting the coordinate location of the mark MK2 on an orientation plate FM 1 from the coordinate location of each shot. EGA actuation will be ended at this time, and it will wait for exposure termination of the wafer stage WS 2 top wafer W2, and will shift to the condition of drawing 16 again.

[0181] According to the projection aligner of the operation gestalt of \*\*\*\* 2 explained above, can acquire effectiveness equivalent to the 1st operation gestalt mentioned above, and also The length measurement shaft which switches in the middle of migration of the stage at the time of switching to actuation of an exposure sequence, and is used a front and after a switch, respectively is made to be reflected in the reflector of a wafer stage in coincidence after termination of an alignment sequence of operation. moreover, from the length measurement shaft which switches in the middle of migration of the stage at the time of switching to actuation of wafer exchange and an alignment sequence after termination of an exposure sequence of operation, and is used a front and after a switch, respectively having been made to be reflected in the reflector of a wafer stage in coincidence The exposure light alignment sensor (reticle alignment microscope 142,144) which minded projection optics PL after the interferometer reset for length measurement performs mark measurement on a reference mark plate. In advance of this, reset of the interferometer for length measurement is performed also in the case of wafer exchange, and it becomes possible to perform mark measurement on an orientation plate after wafer exchange termination by the off-axis alignment sensor (alignment systems 24a and 24b). Therefore, it becomes possible to switch the interferometer of stage control to the interferometer which has the length measurement shaft used in the actuation after a switch in the middle of a switch of the exposure actuation and wafer exchange actuation by projection optics PL in the middle of a switch with the alignment actuation by each alignment system, and the exposure actuation by projection optics PL. Therefore, it becomes possible to aim at improvement in a throughput further compared with the case of the 1st operation gestalt which was switching the length measurement shaft to the mark measurement on a reference mark plate, and coincidence.

[0182] In addition, although the above 1st and the 2nd operation gestalt explained the case where it was applied to the equipment with which this invention exposes a wafer using a double exposure method While the equipment of this invention performs exposure twice by one wafer stage side like the above-mentioned at the reticle of two sheets (double exposure), this When carrying out wafer exchange and wafer alignment in parallel by the wafer stage side of another side which can carry out movable independently, while a throughput higher than the conventional single exposure is obtained, it is because there is big effectiveness that large improvement in resolution can be aimed at, especially. However, also when the applicability of this invention is not limited to this and exposed by the single exposing method,

this invention can be applied suitably. For example, supposing each processing time (T1 - T four) of a 8 inch wafer is the same as that of the above-mentioned If T1, T2, and T3 are made into one group (a total of 30 seconds) and T four (28 seconds) and parallel processing are performed when carrying out exposure processing by the single exposing method using two wafer stages like this invention the former which a throughput is set to  $THOR=3600 / 30= 120$  (at [the time of \*\*/]), and enforces the single exposing method using one wafer stage -- throughput THOR= of equipment -- it becomes possible to obtain an almost double high throughput compared with 62 (at [the time of \*\*/]).

[0183] Moreover, although the above-mentioned operation gestalt explained the case where step - and - scanning method performed scan exposure, even if it is at the electron ray aligner (EB aligner), X-ray aligner, and SUTITCHINGU exposure time which compounds a chip and a chip further when this invention is not limited to this and it performs quiescence exposure by the step-and-repeat method and, of course, it is applicable similarly.

[0184]

[Effect of the Invention] As explained above, according to invention given in claims 1-4, and 6-11, there is outstanding effectiveness which is not in the former that improvement in a throughput, and small and lightweight-izing of a substrate stage can be attained.

[0185] Moreover, according to invention according to claim 5, the projection exposure approach which can attain improvement in a throughput, and small and lightweight-izing of a stage is offered.

---

[Translation done.]



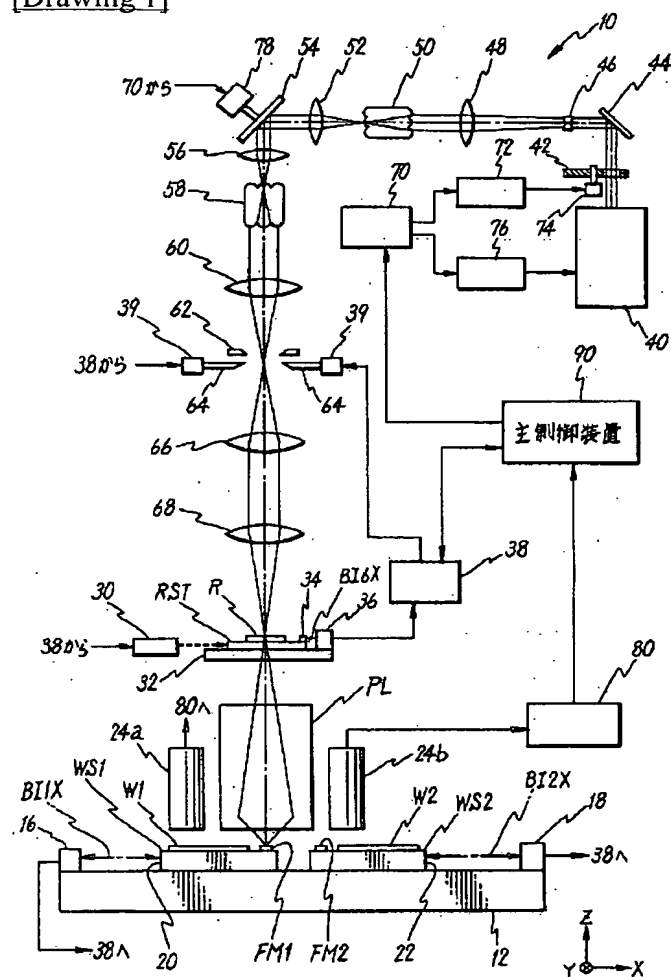
## \* NOTICES \*

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

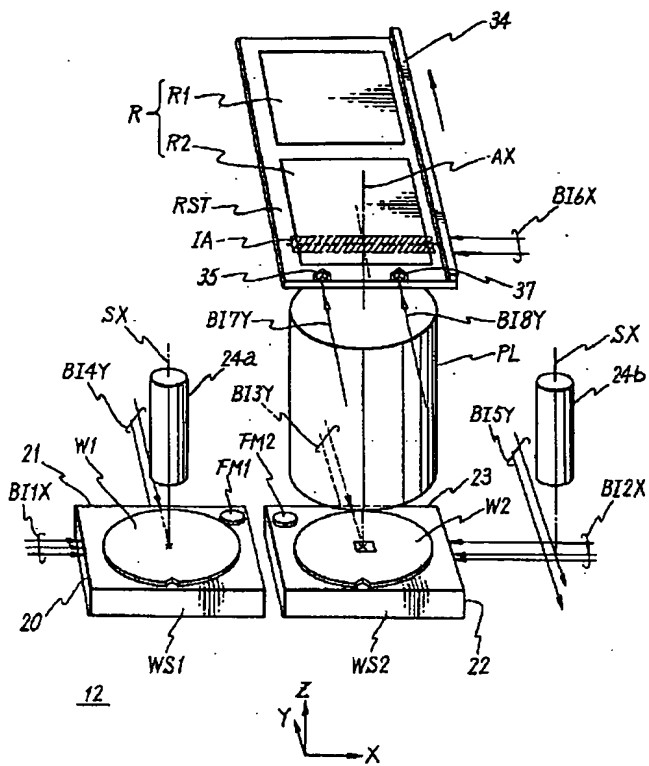
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

## DRAWINGS

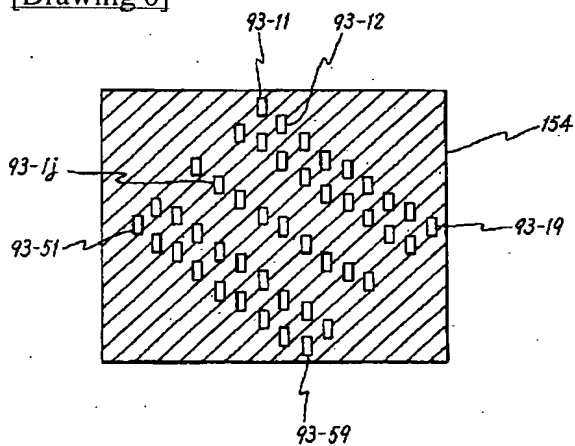
[Drawing 1]



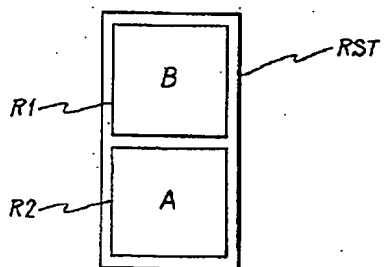
[Drawing 2]



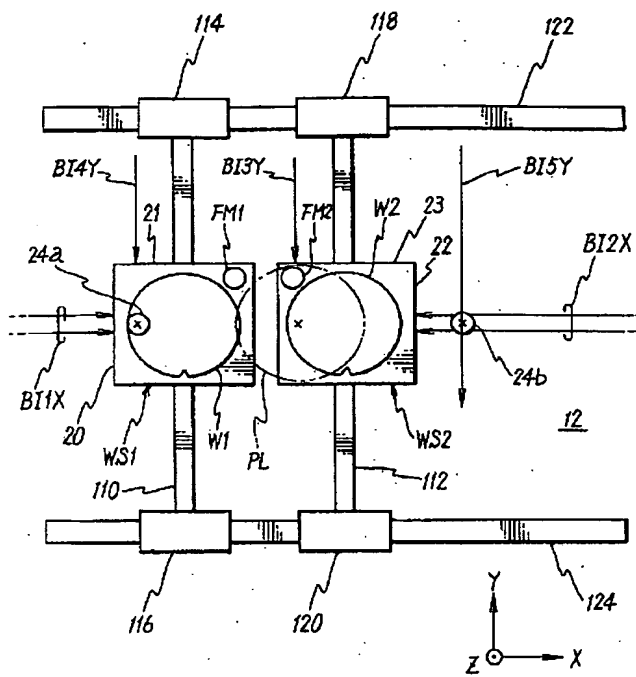
[Drawing 6]



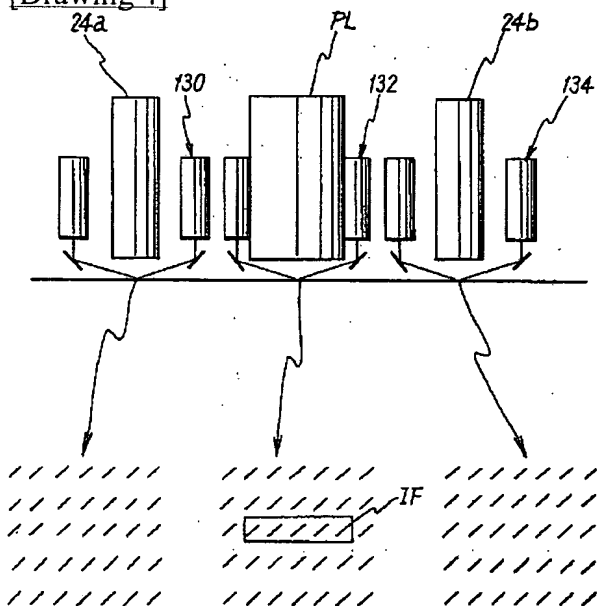
[Drawing 12]



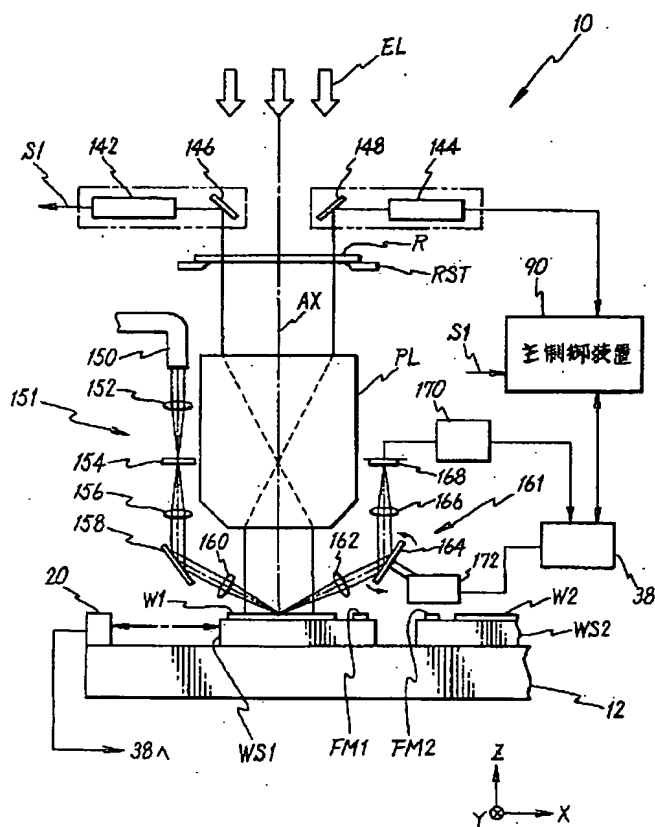
[Drawing 3]



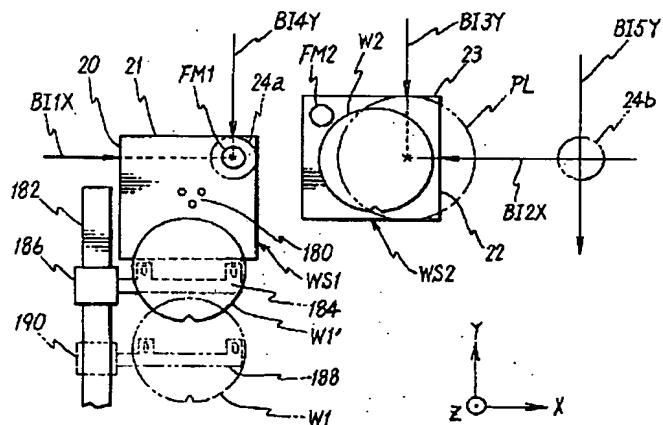
[Drawing 4]



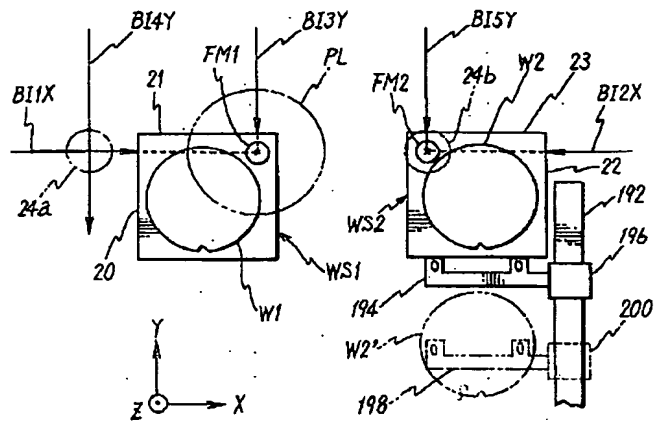
[Drawing 5]



[Drawing 7]

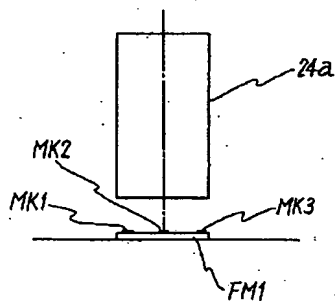


[Drawing 8]

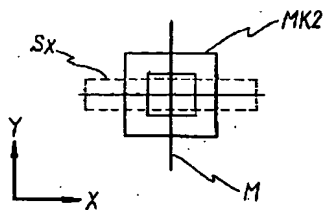


[Drawing 9]

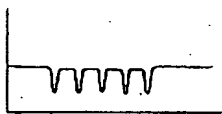
(A)



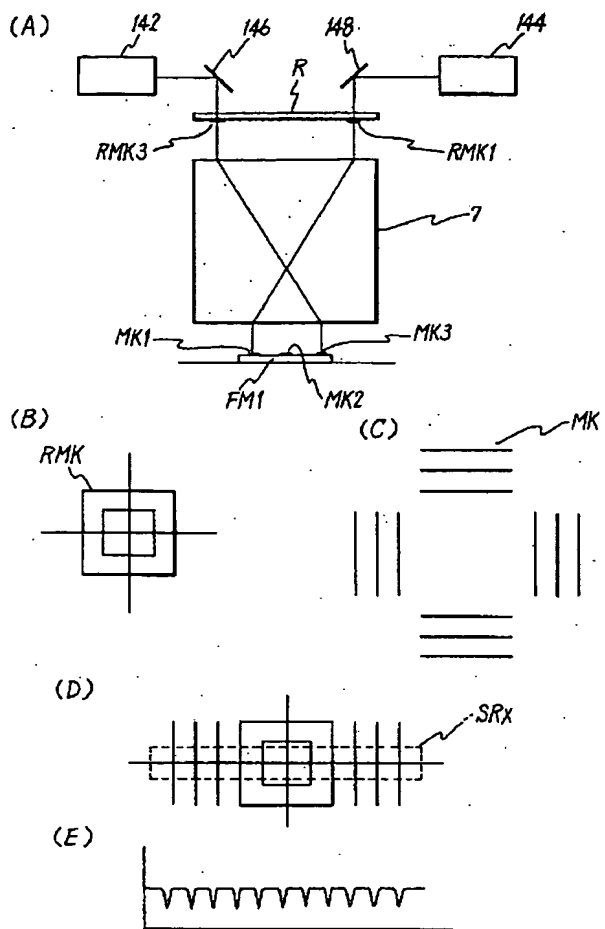
(B)



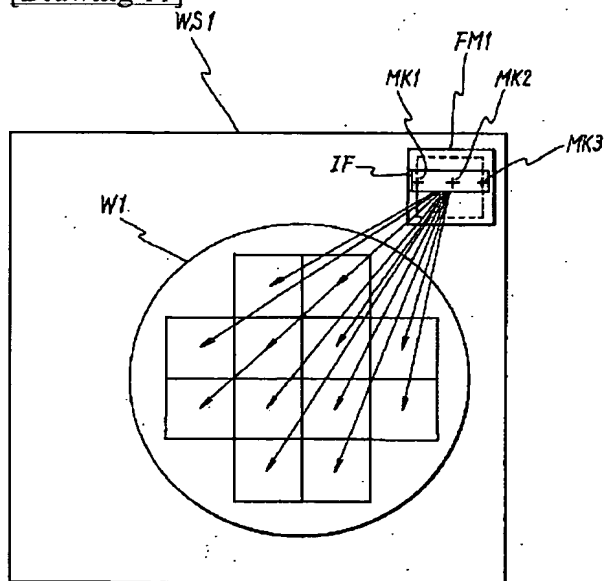
(C)



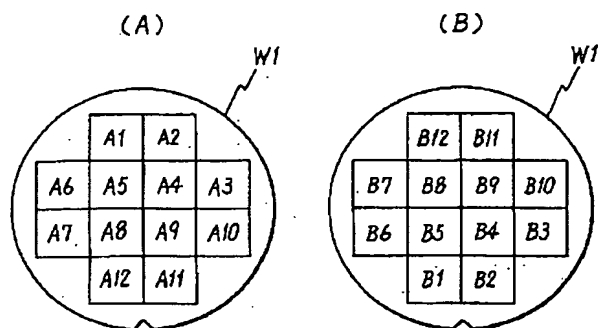
[Drawing 10]



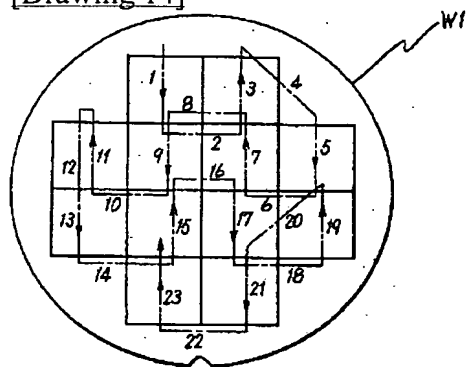
[Drawing 11]



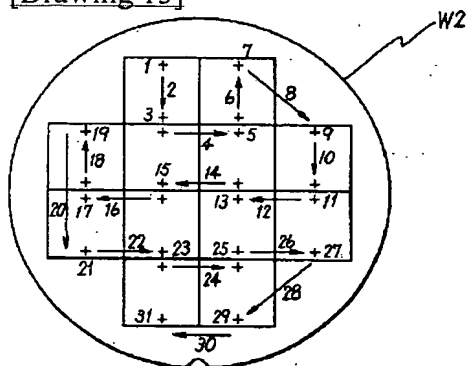
[Drawing 13]



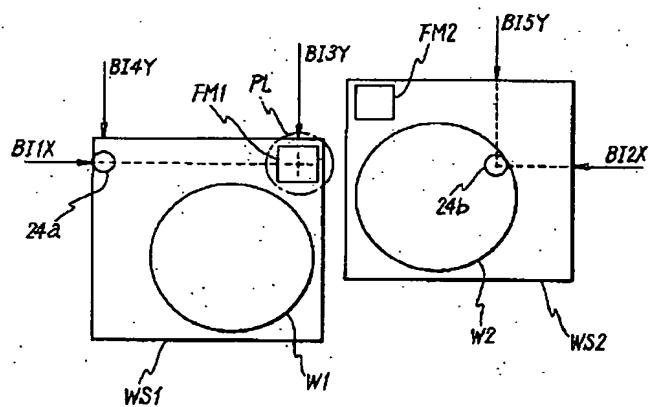
[Drawing 14]



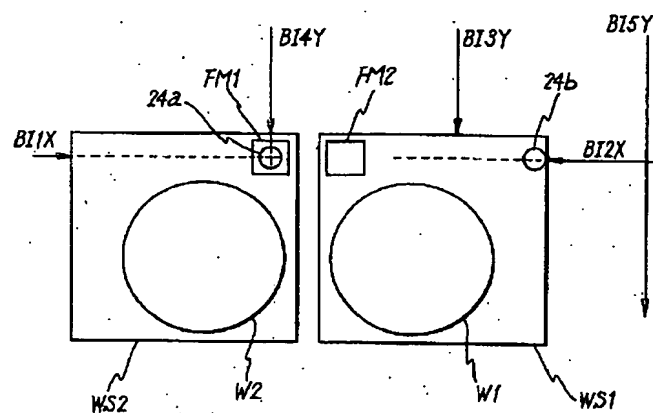
[Drawing 15]



[Drawing 16]



[Drawing 17]



---

[Translation done.]



**\* NOTICES \***

**JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.**

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

**CORRECTION OR AMENDMENT**

[Kind of official gazette] Printing of amendment by the convention of 2 of Article 17 of Patent Law  
 [Section partition] The 2nd partition of the 7th section  
 [Publication date] August 11, Heisei 17 (2005. 8.11)

[Publication No.] JP,10-214783,A  
 [Date of Publication] August 11, Heisei 10 (1998. 8.11)  
 [Application number] Japanese Patent Application No. 9-343740  
 [The 7th edition of International Patent Classification]

H01L 21/027  
 G03F 7/20  
 G03F 9/00

[FI]

H01L 21/30 525 E  
 G03F 7/20 521  
 G03F 9/00 H  
 H01L 21/30 516 B

[Procedure revision]  
 [Filing Date] January 19, Heisei 17 (2005. 1.19)  
 [Procedure amendment 1]  
 [Document to be Amended] Specification  
 [Item(s) to be Amended] Claim  
 [Method of Amendment] Modification  
 [The contents of amendment]  
 [Claim(s)]  
 [Claim 1]

It is the projection aligner which carries out projection exposure of the image of the pattern formed in the mask on an induction substrate through projection optics,  
 An induction substrate is held and it is the movable 1st substrate stage about the inside of a two-dimensional flat surface.;

Holding an induction substrate, said 1st substrate stage is the independently movable 2nd substrate stage about the inside of the same flat surface as said 1st substrate stage.;

Alignment system for detecting the mark on the induction substrate which was formed apart from said projection optics and held on said substrate stage or on said substrate stage;

The 1st length measurement shaft which always measures the location of said 1st shaft orientations of said 1st substrate stage from the one side of the 1st shaft orientations passing through the projection core of said projection optics, and the detection core of said alignment system, The 2nd length measurement shaft which always measures the location of said 1st shaft orientations of said 2nd substrate stage from the other side of said 1st shaft orientations, Interferometer systems which are equipped with the 3rd length measurement shaft which intersects said 1st shaft and perpendicular focusing on projection of said projection optics, and the 4th length measurement shaft which intersects said 1st shaft and

perpendicular focusing on detection of said alignment system, and measure the two-dimensional location of said 1st and 2nd substrate stage with these length measurement shafts, respectively;  
 While the induction substrate which the location of one stage of said 1st substrate stage and the 2nd substrate stages was managed using the measurement value of said 3rd length measurement shaft of said interferometer systems, and was held on one [ this ] stage is exposed The physical relationship of the alignment mark on the induction substrate held on the stage of another side of said 1st substrate stage and the 2nd substrate stages and the reference point on the stage of said another side the detection result of said alignment system, and the measurement value of the 4th length measurement shaft of said interferometer systems After controlling actuation of said two substrate stages to be used and detected, while using the measurement value of said 3rd length measurement shaft and resetting the interferometer of said 3rd length measurement shaft in the condition in which location measurement of the stage of said another side is possible Control means which controls actuation of the stage of said another side so that the origin/datum on the stage of said another side is positioned in the location which can detect physical relationship with the predetermined origin/datum in the projection field of said projection optics;  
 The projection aligner which \*\*\*\*.

[Claim 2]

It has another alignment system which has a detection core on said 1st shaft in the opposite side of said alignment system about said projection optics,  
 Said interferometer systems are equipped with the 5th length measurement shaft which intersects said 1st shaft and perpendicular focusing on detection of said another alignment system,  
 While the induction substrate which the location of one [ said ] stage was managed using the measurement value of said 3rd length measurement shaft of said interferometer systems, and was held on one [ this ] stage is exposed, said control means After controlling actuation of said two substrate stages so that the physical relationship of the alignment mark on the induction substrate held on the stage of said another side and the reference point on the stage of said another side is detected using the detection result of said alignment system, and the measurement value of the 4th length measurement shaft of said interferometer systems While resetting the interferometer of said 5th length measurement shaft in the condition in which location measurement of one [ said ] stage is possible using the measurement value of said 5th length measurement shaft The projection aligner according to claim 1 characterized by controlling actuation of one [ said ] stage so that the origin/datum on one [ said ] substrate stage is positioned in the detection field of said another alignment system.

[Claim 3]

It has further the carrier system which delivers an induction substrate between said 1st substrate stage and said 2nd substrate stage,  
 Said control means is a projection aligner according to claim 2 characterized by being in the condition which positioned the origin/datum on one [ said ] substrate stage, and delivering a substrate between one [ said ] stage and said carrier system in the detection field of said another alignment system.

[Claim 4]

On said 1st substrate stage and said 2nd substrate stage, the reference mark as a reference point of said stage is formed, respectively,  
 The predetermined reference point in the projection field of said projection optics is based on projection of the pattern image of said mask,  
 The projection aligner according to claim 1 characterized by having further a mark location detection means to detect the relative-position relation between the projection core of the pattern image of said mask, and the reference mark on said stage through said mask and said projection optics.

[Claim 5]

It is the projection exposure approach which carries out projection exposure of the image of the pattern of a mask on an induction substrate through projection optics,  
 An induction substrate is held and two independently movable substrate stages are respectively prepared for the inside of the same flat surface,  
 While a predetermined interferometer performs one location measurement of said two stages, projection exposure of the pattern image of said mask is carried out on the induction substrate held on one [ this ] stage,  
 While an interferometer other than said predetermined interferometer performs location measurement of the stage of another side of said two stages during exposure of the substrate held on one [ said ] stage, the physical relationship of the alignment mark on the substrate held on the stage of this another side and

the reference point on the stage of said another side is measured,

While resetting said predetermined interferometer with said predetermined interferometer after exposure termination of the substrate held on one [ said ] stage in the condition in which location measurement of the stage of said another side is possible, the origin/datum of the stage of said another side is positioned in the location which can detect physical relationship with the predetermined origin/datum in the projection field of said projection optics,

The projection exposure approach characterized by performing alignment of the induction substrate and the pattern image of a mask which were held on the stage of said another side using said reset predetermined interferometer based on said measured physical relationship.

[Claim 6]

It is the projection aligner which carries out projection exposure of the image of the pattern formed in the mask on an induction substrate through projection optics,

An induction substrate is held and it is the movable 1st substrate stage about the inside of a two-dimensional flat surface.;

Holding an induction substrate, said 1st substrate stage is the independently movable 2nd substrate stage about the inside of the same flat surface as said 1st substrate stage.;

Alignment system for detecting the mark on the induction substrate which was formed apart from said projection optics and held on the reference mark and said substrate stage on said substrate stage;

The 1st length measurement shaft for measuring the location of said 1st shaft orientations of said 1st substrate stage from the one side of the 1st shaft orientations passing through the projection core of said projection optics, and the detection core of said alignment system, The 2nd length measurement shaft for measuring the location of said 1st shaft orientations of said 2nd substrate stage from the other side of said 1st shaft orientations, Interferometer systems which are equipped with the 3rd length measurement shaft which intersects perpendicularly with said 1st shaft focusing on projection of said projection optics, and the 4th length measurement shaft which intersects perpendicularly with said 1st shaft focusing on detection of said alignment system, and measure the two-dimensional location of said 1st and 2nd substrate stage with these length measurement shafts, respectively;

While exposing the induction substrate on one [ this ] stage, managing the location of one stage of said 1st substrate stage and said 2nd substrate stages using the 3rd length measurement shaft of said interferometer systems While searching for the physical relationship of the mark on the induction substrate held on the stage of said another side, and the reference mark on the stage of said another side using said alignment system, managing the location of the stage of said another side using the 4th length measurement shaft of said interferometer systems Control means which searches for the physical relationship of the projection location of the pattern image of said mask by said projection optics, and the reference mark on the stage of said another side, using said 3rd length measurement shaft and managing the location of the stage of said another side after exposure of the induction substrate held on one [ said ] stage;

The projection aligner characterized by \*\*\*\*(ing).

[Claim 7]

The projection aligner according to claim 6 which is after exposure of the induction substrate held on one [ said ] stage, and is characterized by resetting the measurement value of the 3rd length measurement shaft of said interferometer systems when searching for the physical relationship of the projection location of the pattern image of said mask by said projection optics, and the reference mark on the stage of said another side.

[Claim 8]

the physical relationship of the mark on the induction substrate with which said control means was held on the stage of said another side, and the reference mark on the stage of the another side -- and When the physical relationship of the projection location of the pattern image of said mask by said projection optics and the reference mark on the stage of said another side is searched for The projection aligner according to claim 6 characterized by exposing the induction substrate held on the stage of said another side while controlling the location of the stage of said another side based on the measurement result of the 3rd length measurement shaft of \*\*\*\*\*.

[Claim 9]

Said control means is a projection aligner according to claim 8 characterized by positioning the stage of said another side and exchanging an induction substrate after exposure of the induction substrate held on the stage of said another side so that the reference mark on the stage of said another side may enter in the

detection field of said alignment system.

[Claim 10]

The projection aligner according to claim 9 characterized by resetting the measurement value of the 4th length measurement shaft of said interferometer systems when detecting the reference mark on the stage of said another side by said alignment system.

[Claim 11]

It is the projection aligner which carries out projection exposure of the image of the pattern formed in the mask on an induction substrate through projection optics,

An induction substrate is held and it is the movable 1st substrate stage about the inside of a two-dimensional flat surface.;

Holding an induction substrate, said 1st substrate stage is the independently movable 2nd substrate stage about the inside of the same flat surface as said 1st substrate stage.;

Carrier system which delivers an induction substrate between said 1st substrate stage and said 2nd substrate stage;

Alignment system for detecting the mark on the substrate which was formed apart from said projection optics and held on the reference mark and said substrate stage on said substrate stage;

While one stage of said 1st substrate stages and said 2nd substrate stages performs delivery of said carrier system and induction substrate, it has the control means which controls said two substrate stages so that the stage of another side performs exposure actuation,

This control means is a projection aligner characterized by controlling one [ said ] stage so that the reference mark on one [ said ] stage enters in the detection field of said alignment system, when one [ said ] stage delivers an induction substrate between said carrier system.

[Claim 12]

It is the projection aligner which projects the image of a pattern on an induction substrate and exposes this induction substrate,

It has a reflector for interferometers, an induction substrate is held, and it is the 1st stage movable in the two-dimensional direction.;

It has a reflector for interferometers, an induction substrate is held, and said 1st stage is the 2nd stage movable in the two-dimensional direction independently.;

The 1st alignment system for searching for the 1st physical relationship of the criteria arranged on said stage, and the shot field on the induction substrate held on this stage;

Projection optics for separating to the 1st shaft orientations, being arranged to said 1st alignment system, and projecting said pattern image on an induction substrate;

The 2nd alignment system for searching for the 2nd physical relationship with the criteria arranged on the projection location and said stage of said pattern image by said projection optics;

In order to search for said 1st physical relationship, when alignment actuation which uses said 1st alignment system and performs mark detection of the induction substrate on one stage is performed, the location of said 1st shaft orientations of one [ said ] stage When exposure actuation which exposes the induction substrate on the stage of another side using the 1st length measurement shaft for measuring from the 1 side of said 1st shaft orientations and said projection optics is performed, the location of said 1st shaft orientations of the stage of said another side It is arranged possible [ measurement of the location of the 2nd length measurement shaft for measuring from a side besides said 1st shaft orientations, and the 2nd shaft orientations perpendicular to said 1st shaft orientations of the stage of said another side where exposure actuation to said induction substrate is performed ]. The 3rd length measurement shaft which separates from the reflector of the stage of said another side after termination of said exposure actuation, In parallel to said exposure actuation, it is arranged possible [ measurement of the location of said 2nd shaft orientations of one / said / stage where alignment actuation to said induction substrate is performed ]. It has the interferometer systems and; which have the 4th length measurement shaft which separates from the reflector of one [ said ] stage after termination of said alignment actuation,

The mark on the induction substrate is detected between the alignment actuation to said induction substrate on one [ said ] stage, and the 1st physical relationship of the shot field on the induction substrate concerned and the criteria arranged on one [ said ] stage is searched for,

The 2nd physical relationship of the projection location of said pattern image by said projection optics and the criteria of one [ said ] stage is searched for using said 2nd alignment system after termination of said alignment actuation by the side of one [ said ] stage, and said exposure actuation by the side of the

stage of said another side,

The projection aligner with which sequential exposure of the shot field on the induction substrate held on one [ said ] stage is carried out while controlling the location of one [ said ] stage based on said 1st physical relationship and said 2nd physical relationship, after said 2nd physical relationship is searched for.

[Claim 13]

It is the projection aligner according to claim 12 with which the location of one [ said ] stage is measured using the 2nd length measurement shaft of said interferometer systems when searching for the 2nd physical relationship of the projection location of said pattern image by said projection optics, and the criteria of one [ said ] stage using said 2nd alignment system.

[Claim 14]

It has a base member further,

Said 1st and 2nd stages are projection aligners given in any 1 term of claims 12-14 independently movable in the two-dimensional direction on said base member, respectively.

[Claim 15]

A projection aligner given in any 1 term of claims 12-14 by which said 1st stage and said 2nd stage are moved by turns to the image surface side of said projection optics, and sequential exposure of two or more induction substrates is carried out.

[Claim 16]

The criteria arranged on one [ said ] stage have the 1st reference mark and the 2nd reference mark, Said 1st physical relationship is searched for by detecting the mark and said 1st reference mark on the induction substrate on one [ said ] stage using said 1st alignment system, measuring the location of one [ said ] stage using said 1st length measurement shaft,

Said 2nd physical relationship is searched for by detecting the physical relationship of said 2nd reference mark and the mark of the mask with which said pattern was formed through said projection optics using said 2nd alignment system, measuring the location of one [ said ] stage using said 2nd length measurement shaft,

A projection aligner given in any 1 term of claims 12-15 by which the shot field on the induction substrate with which the physical relationship of the projection location of the pattern image by said projection optics and the shot field on the induction substrate held on one [ said ] stage was determined, and was held on one [ said ] stage based on the this determined physical relationship based on said 1st physical relationship and said 2nd physical relationship is exposed.

[Claim 17]

It has further the substrate carrier system which conveys an induction substrate,

In advance of said alignment actuation, delivery of an induction substrate is performed between one [ said ] stage and said substrate carrier system in parallel to exposure actuation on the stage of said another side,

The projection aligner according to claim 16 to which detection of said 1st reference mark is performed by said 1st alignment system by the condition that said 1st length measurement shaft can measure the location of one [ said ] stage after performing delivery of said carrier system and induction substrate.

[Claim 18]

Said substrate carrier system is a projection aligner according to claim 17 which separates to said 1st shaft orientations and is arranged to said projection optics.

[Procedure amendment 2]

[Document to be Amended] Specification

[Item(s) to be Amended] 0059

[Method of Amendment] Modification

[The contents of amendment]

[0059]

According to this, actuation of both stages is controlled so that the stage of another side performs exposure actuation by the control means, while one stage of the 1st substrate stage and the 2nd substrate stages delivers an induction substrate between carrier system. Therefore, parallel processing of actuation of the time amount T1 explained previously and the actuation of time amount T four can be carried out. Moreover, a control means can perform the location measurement of a reference mark and the exchange of an induction substrate which are alignment initiation actuation since a stage is controlled so that the reference mark on one stage enters in the detection field of an alignment system in while when one stage

delivers an induction substrate between carrier system by the quiescent state of a substrate stage. Furthermore, it becomes possible to perform actuation of the time amount T1, the time amount T2, and time amount T3 which were explained previously by one substrate stage side in addition to the transit time of the substrate stage from a substrate exchange location to an alignment starting position serving as zero, and to operate time amount T four by the substrate stage side of another side. Therefore, it becomes possible to raise a throughput compared with the conventional sequential processing in which time amount (T1+T2+T3+T four) was required.

Moreover, it is the projection aligner which this invention projects the image of a pattern on an induction substrate, and exposes this induction substrate. Have a reflector for interferometers (21) and hold an induction substrate (W1), and have the 1st movable stage (WS1) and a reflector for; interferometers (23) in the two-dimensional direction (X shaft orientations, Y shaft orientations), and an induction substrate (W2) is held. The criteria independently arranged with the 1st stage (WS1) on the 2nd stage (WS2) movable in the two-dimensional direction (X shaft orientations, Y shaft orientations), and; stage (WS1 or WS2) (MK2), To the 1st alignment system (24a) and the; 1st alignment system (24a) for searching for the 1st physical relationship with the shot field on the induction substrate held on this stage, separate to the 1st shaft orientations (X shaft orientations), and it is arranged. In order to search for the 2nd alignment system (142), and the; 1st physical relationship for searching for the 2nd physical relationship with the criteria (MK1) arranged on the projection location and stage of a pattern image by the projection optics (PL) and; projection optics (PL) for projecting a pattern image on an induction substrate When alignment actuation which performs mark detection on the induction substrate on one stage (for example, W1) using the 1st ally noodle \*\* system (24a) is performed, the location of the 1st shaft orientations (X shaft orientations) of one stage (WS1) The 1st length measurement shaft for measuring from the 1 side of the 1st shaft orientations (X shaft orientations) (BI1X), When exposure actuation which exposes the induction substrate on the stage of another side (W2) using projection optics (PL) is performed, the location of the 1st shaft orientations (X shaft orientations) of the stage (WS2) of another side The 2nd length measurement shaft for measuring from a side besides the 1st shaft orientations (X shaft orientations) (BI2X), It is arranged possible [ measurement of the location of the 2nd shaft orientations (Y shaft orientations) perpendicular to the 1st shaft orientations (X shaft orientations) of the stage (WS2) of another side where exposure actuation to an induction substrate is performed ]. The 3rd length measurement shaft which separates from the reflector (23) of the stage (WS2) of another side after termination of exposure actuation (BI3Y), In parallel to exposure actuation, while is performed and the alignment actuation to an induction substrate is arranged possible [ measurement of the location of the 2nd shaft orientations (Y shaft orientations) of a stage (WS1) ]. It has the interferometer systems and; which have the 4th length measurement shaft (BI4Y) which separates from the reflector (21) of one stage (WS1) after termination of alignment actuation. Between the alignment actuation to the induction substrate (W1) on one stage (WS1) Detect the mark on the induction substrate (W1), and the 1st physical relationship of the shot field on the induction substrate (W1) concerned and the criteria (MK2) arranged on one stage (WS1) is searched for. After termination of the alignment actuation by the side of one stage (WS1), and the exposure actuation by the side of the stage (WS2) of another side The 2nd physical relationship of the projection location of a pattern image and the criteria (MK1) of one stage (WS1) by projection optics (PL) is searched for using the 2nd alignment system (142). It is characterized by carrying out sequential exposure of the shot field on the induction substrate (W1) held on one stage (WS1), controlling the location of one stage (WS1) based on the 1st physical relationship and 2nd physical relationship, after the 2nd physical relationship is searched for.

Since according to this it becomes possible to raise a throughput and a stage reflector can be made small, the miniaturization of a stage can be attained.

---

[Translation done.]